Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Centro Sócio Econômico
Departamento de Ciências Econômicas

DANIELE SEHN

# Avaliação econômica de projetos de infraestrutura de transportes: Uma metodologia aplicada à tomada de decisão governamental

Florianópolis, 2009

**DANIELE SEHN**

# AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES:
## Uma metodologia aplicada à tomada de decisão governamental

Monografia submetida ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito obrigatório para a obtenção do grau de Bacharel.

**Orientador**: Fernando Seabra

FLORIANÓPOLIS, 2009

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC**
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

A Banca Examinadora resolveu atribuir a nota ..... à aluna Daniele Sehn na Disciplina CNM 5420 – Monografia, pela apresentação deste trabalho.

Banca Examinadora:

Professor Fernando Seabra, Dr.
Orientador

Professor José Antônio Nicolau, Dr.
Membro

Professora Mirian Buss Gonçalves, Dra.
Membro

AGRADECIMENTOS

São muitos aqueles que merecem minha gratidão. Inicio agradecendo a Deus por ter me concebido saúde e força de vontade ao longo dos cinco anos da graduação, mas especialmente, durante os últimos meses, em que me dediquei à realização desse trabalho.

Às pessoas mais importantes da minha vida: minha família, pai Valdécio, mãe Cecília e irmão Diego, meu muito obrigada por terem, sempre, incentivado-me a seguir em frente mesmo que isso implicasse em ausência, distância e saudade. Por entenderem minha escolha e apoiarem-na, sem hesitação. Também ao meu namorado, Adriano, que esteve ao meu lado diariamente, ouvindo minhas angústias e dúvidas, auxiliando-me com seus conselhos, enfim, confortando-me com sua atenção.

Sou grata também ao Laboratório de Transportes – Labtrans desta Universidade, por me possibilitar a experiência do primeiro contato com a pesquisa relacionada a transporte e logística, bem como, todo o apoio que recebi da equipe técnica do mesmo, para a realização deste trabalho. Em especial, aos que sempre estiveram comigo durante os três anos em que faço parte da equipe: Tiago, André e Fabiano. À Ursula que exerceu um papel fundamental na minha evolução, sempre muito preocupada e atenciosa.

Agradeço ao meu orientador Fernando Seabra, sempre muito atencioso e disposto a auxiliar, qualquer que fosse a dificuldade. À professora Mirian Buss Gonçalves, orientadora de trabalhos de iniciação científica durante três anos, pelas conversas, conselhos e pela oportunidade do contato com o mundo acadêmico, cuja identificação é cada vez maior.

Por fim, agradeço a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para que essa caminhada fosse o mais prazerosa possível. Principalmente aos meu colegas que trilharam esse caminho comigo, do início ao fim.

RESUMO

O crescimento econômico de um país, não apenas no aspecto quantitativo, mas fundamentalmente no que se refere às características qualitativas, está intimamente relacionado com a infraestrutura disponível para que a atividade econômica de um país possa, efetivamente, evoluir. Num contexto em que o tempo assume características estratégicas, influenciando inclusive na composição dos custos, uma infraestrutura de transportes condizente com a atividade econômica implica em maior qualidade e rapidez na relação entre mercado produtor e consumidor.

De fato, investimentos em infraestrutura de transportes demandam elevados montantes de investimentos, bem como o tempo de implementação de projetos com essas características pode durar anos. A partir disso, atrelado à já salientada importância dos transportes para a economia de um país como um todo, é importante a reflexão a respeito dos métodos utilizados pelas entidades governamentais no que diz respeito à decisão de investir, notadamente às formas como são concebidas as avaliações econômicas dos projetos de transportes.

O presente estudo faz uma abordagem a respeito dos métodos de avaliação econômica, focando nos critérios de análise utilizados em projetos de transporte. De posse das informações necessárias, é sugerida uma metodologia que permita a avaliação econômica de projetos do referido setor a partir do cálculo dos indicadores de viabilidade tradicionais (VPL, TIR e B/C) além do ano ótimo de abertura. A proposta envolve também a possibilidade de eleger prioridades a partir da combinação de projetos vislumbrando o máximo benefício à sociedade. Por fim, é realizado um estudo piloto, elaborado com o intuito de avaliar a adequação da metodologia bem como o formato dos resultados. Os resultados obtidos a partir dos procedimentos descritos demonstram que a metodologia sugerida pode servir como ferramenta de apoio a tomada de decisão, notadamente, do governo.

Palavras chave: avaliação econômica, infraestrutura de transportes, análise custo benefício

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACB – Análise Custo Benefício

ACE – Análise Custo Efetividade

ACU – Análise Custo Utilidade

B/C – Benefício Custo

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento

CDB – Certidão de Depósito Bancário

CNT – Confederação Nacional do Transporte

FMI – Fundo Monetário Internacional

GWP – Global Warming Potential

HDM – Highway Design and Management Model

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Labtrans – Laboratório de Transportes e Logística

LINDO – Linear Interactive Discrete Optimizer

MMC – Mínimo Múltiplo Comum

PIB – Produto Interno Bruto

PO – Pesquisa Operacional

PPA – Plano plurianual

SELIC – Sistema Especial de Liquidação e Custódia

SISLOG – Sistema de Auxílio à Decisão Logística

TIR – Taxa Interna de Retorno

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

TRC – Tempo de Retorno do Capital

TROIA – Taxa de Retorno sobre o Investimento Adicionado

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

VMDA – Valor Médio Diário Anual

VPL – Valor Presente Líquido

**SUMÁRIO**

**CAPÍTULO 3**



**CAPÍTULO 4**



**CAPÍTULO 5**

# 1. INTRODUÇÃO

A ampliação e o aperfeiçoamento de uma rede de infraestrutura de transportes têm diversos efeitos positivos sobre o bem-estar de uma sociedade. Estes impactos podem ser diretos, como aqueles decorrentes da própria redução dos custos operacionais bem como do tempo de viagem, e também indiretos, que são resultados do ganho de eficiência e redução dos preços dos bens. A relação do transporte com o desenvolvimento das nações é uma evidência histórica inegável, dada, por exemplo, pelo impacto das inovações na navegação marítima sobre as migrações no século XIX. Embora não se possa afirmar que investimentos em transporte resultem em crescimento econômico, o reverso é, sem dúvida, verdadeiro, um sistema deficiente de transporte representa uma restrição significativa ao crescimento econômico.

Neste sentido, a infraestrutura de transportes caracteriza-se como um dos pré-requisitos ao desenvolvimento econômico (ADLER, 1978). Considerando-se que a característica de acessibilidade – e suas conseqüências em termos de ganhos de eficiência, competição e oportunidades – é um atributo de uma rede de transporte, o dimensionamento adequado desta infraestrutura de transporte e logística permite ganhos de eficiência, produtividade e geração de riqueza, que sanciona as vantagens comparativas de cada região e setores de atividade .

A necessidade de investimentos em transporte em um país de dimensões continentais como o Brasil é elevada, não apenas em função do papel de acessibilidade do transporte, mas também devido ao histórico de baixos investimentos na última década, menos de 0,5% do PIB, acordo com dados históricos obtidos junto ao orçamento da união.

> No Brasil, a influência dos custos de transportes no PIB gira em torno de 25% e poderia ser bastante reduzida com a diminuição dos custos unitários do transporte, os quais são bem superiores aos das nações em dimensões semelhantes, como a China e o Canadá. Em países mais desenvolvidos este parâmetro gira em torno de 10%. (PEREIRA *et. al*., 2006, p. 03)

Além disso, outro gargalo está na forte concentração da matriz de transportes brasileira, altamente dependente do modal rodoviário, que movimenta mais de 60% das cargas transportadas no país, mais do que o triplo transportado pelo modal ferroviário, com 20%. Os modais hidroviário, dutoviário e aéreo respondem por 13%, 4% e 0,4% do transporte de cargas, respectivamente, de acordo com dados no boletim estatístico da Confederação Nacional dos Transportes (CNT), divulgado em setembro de 2009. Considerando a destacada

hegemonia do transporte rodoviário, Pereira *et al* (2006) enfatizam a importância de investimentos em ganhos de eficiência em gestão de rodovias para reduzir custos de produção e melhorar o nível de bem-estar do usuário.

Tendo em vista tais ponderações, cabe destacar as iniciativas de planejamento de médio e longo prazo empreendidas pelo governo. O Plano Plurianual (PPA) contém as diretrizes das ações que devem ser empreendidas pelo governo em prol da melhoria dos setores da economia que constituem entraves ao seu crescimento, tais como o setor de transportes. Nesse sentido, a partir de Brasil (2007) tem-se que o PPA é um instrumento mediador entre o planejamento de longo prazo e os orçamentos anuais que consolidam a alocação dos recursos públicos a cada exercício.

A necessidade de investimentos no setor de transportes é evidente, como já salientado. Nesse sentido, Brasil (2007) afirma que o desafio do PPA 2008 – 2011 reside em direcionar as políticas públicas no intuito de assegurar a manutenção do padrão econômico alcançado a partir do período anterior. É reconhecido que há déficits de infraestrutura em virtude do histórico de baixo investimento em seus diferentes setores, seja no energético, no de transportes ou habitação.

O PPA 2008 – 2011 está dividido em diversas áreas, dentre elas a infraestrutura econômica, na qual está incluído o setor de transportes. Os investimentos nessa rubrica, para o período em questão, devem chegar a R$ 338 bilhões. Desse montante, cerca de R$ 62 bilhões serão destinados aos transportes, o que representa pouco mais de 18% do total destinado à infraestrutura econômica.

De fato, investimentos em infraestrutura de transportes demandam elevados montantes de investimentos, bem como a implementação de projetos com essas características pode durar anos. A partir disso, atrelado à já salientada importância dos transportes para a economia de um país como um todo, é importante a reflexão a respeito dos métodos utilizados pelas entidades governamentais pertinentes no que diz respeito à decisão de investir, notadamente às formas como são concebidas as avaliações econômicas dos projetos de transportes.

## 1.1 Tema e problema

A infraestrutura de transportes brasileira carece de investimentos, essa afirmação é corroborada pelo fato de o país gastar, em média, cerca de US$ 1 bilhão por falta de

transporte de cargas adequado (VILAÇA, 2005 *apud* LANG, 2007, p.1). Nesse sentido, o papel do Estado, através das entidades representativas do setor de transportes, aufere importância elementar, principalmente no que compreende o levantamento das necessidades, hierarquização das prioridades e, por fim, o efetivo investimento no melhoramento da estrutura de transportes.

Nesse contexto, o presente estudo intenciona analisar as metodologias existentes, através das quais são avaliadas economicamente as alternativas de investimentos em transportes. A partir dessa análise, a intenção principal consiste em elencar as principais características e variáveis importantes na avaliação econômica de projetos em infraestrutura de transportes através da proposição de uma forma genérica capaz de auxiliar os entes governamentais em suas decisões de investimento em projetos de transporte.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral consiste em desenvolver uma metodologia de avaliação de projetos na área de infraestrutura de transporte com ênfase na ótica da sociedade, com o intuito de servir como instrumento de apoio a tomada de decisão governamental.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Revisar criticamente as alternativas metodológicas de critérios de avaliação de projetos, abordando as óticas do setor público e privado;
- Propor uma metodologia de avaliação econômica e social de projetos que possa auxiliar os entes governamentais em sua tomada de decisão;
- Propor uma forma de hierarquizar alternativas de investimento complementares a partir da análise dos indicadores de viabilidade econômica;
- Utilização da metodologia e forma de hierarquização de projetos no *software* SisLog 3.

## 1.3 Justificativa

Os esforços empreendidos na realização do estudo proposto podem ser justificados pela importância aferida aos métodos de avaliação econômica de projetos num contexto em que figura, de um lado, a necessidade e urgência de investimentos em infraestrutura de transportes, e de outro, a restrição orçamentária imposta.

Além disso, a tomada de decisão pautada em análises e avaliações econômicas ainda é tratada de forma bastante insipiente, notadamente no meio público. De acordo com Lang (2007), a inserção da análise econômica na formulação de políticas públicas encontra-se pouco difundida nesse meio em função do baixo grau de sofisticação técnica dos instrumentos utilizados no país, notadamente no que tange à distribuição de verbas.

A análise econômica, tema deste trabalho, atua na esfera prática da formulação e análise de projetos públicos concernentes à infraestrutura de transportes. Sendo assim, a proposição de uma metodologia capaz de auxiliar os entes governamentais no que se refere à projetos em transportes será útil no sentido de servir como guia na tarefa da escolha entre opções ou para determinar o custo e/ou o benefício de uma certa opção de política e, ainda, para justificar a decisão de um investimento para a sociedade.

## 1.4 Metodologia

A realização do presente trabalho está calcada num marco metodológico que abrange consulta à literatura especializada bem como de coleta de informações e dados em meio eletrônico e outras fontes que se mostraram plausíveis durante a realização do estudo, tais como entidades representativas do setor de transportes.

No que diz respeito à consulta literária, tal procedimento será adotado para balizar tanto a importância do tema estudado quanto para legitimar a proposta do trabalho, qual seja, a proposição de uma metodologia genérica de avaliação econômica de projetos que atenda às necessidades e prerrogativas do governo.

A coleta de informações em meio eletrônico e outras fontes refere-se à necessidade da busca de dados e informações pertinentes ao assunto, disponíveis nesse meio bem como em meios alternativos como softwares, entre outros. Tais dados e informações serão importantes na verificação da aplicabilidade e operacionalização da metodologia a ser desenvolvida, uma vez que serão importantes fornecedores de *inputs*, notadamente na calibração do modelo.

Além disso, permitirão o entendimento dos métodos de avaliação econômica utilizados atualmente, bem como os quesitos considerados nos mesmos.

No que se refere ao dados extraídos de softwares, os mesmos foram obtidos simulando-se situações hipotéticas que visaram exclusivamente a calibração do modelo proposto.

Sendo assim, a metodologia utilizada para a realização do trabalho consiste numa conjugação entre a análise qualitativa e exploratória tanto da literatura quanto dos dados. Entretanto, também possui o aspecto quantitativo, quando da utilização de dados provenientes de softwares bem como na utilização de métodos de pesquisa operacional que atuarão na modelagem da metodologia proposta.

## 1.5 Organização do trabalho

Vislumbrando uma organização lógica com o intuito de privilegiar a coesão das informações para que o leitor possa absorver as informações facilmente, o presente trabalho está organizado em cinco capítulos, cujos respectivos assuntos estão descritos abaixo:

Capítulo 1 – Introdução: abrange uma breve contextualização do tema a ser abordado ao longo do trabalho, também apresenta o problema sobre o qual tratará. Além disso, são elencados os objetivos geral e específicos. Consta também a justificativa e a metodologia utilizada.

Capítulo 2 – Referencial Teórico: neste capítulo será feita a revisão da bibliografia disponível a respeito dos principais tópicos tratados ao longo do trabalho, quais sejam: avaliação econômica de projetos aplicada ao transporte.

Capítulo 3 – Proposta de metodologia de avaliação econômica de projetos: será desenvolvida a metodologia em si, apresentando todos os parâmetros, dados de entrada e resultados esperados a partir dessa metodologia.

Capítulo 4 – Aplicação do modelo: conterá a devida calibração do modelo através da montagem de uma situação hipotética.

Capitulo 5 – Considerações finais: consta das considerações a respeito dos principais resultados obtidos a partir da realização do trabalho, bem como do aprendizado proporcionado pelo mesmo.

# 2. ASPECTOS TEÓRICOS DA AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETO DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

No presente capítulo será feita uma discussão sobre as principais idéias desenvolvidas até o momento referente aos assuntos chave do trabalho, quais sejam: as metodologias existentes para a avaliação econômica de projetos e a aplicação destas no setor de transportes.

Cabe salientar que o enfoque do presente trabalho abrange, fundamentalmente, a ótica do governo. Sendo assim, o aspecto abordado na revisão concernente às metodologias de avaliação econômica de projetos privilegia o ponto de vista social, quesito chave nas decisões de investimento do governo.

## 2.1 A infraestrutura de transportes e desenvolvimento econômico

Os transportes, na medida em que permitem a circulação de pessoas e mercadorias e, por consequência, fazem a economia como um todo se movimentar, implicam num fator importante no ritmo de crescimento de um país. Nesse sentido, Araújo (2006) salienta que há muito se reconhece que o crescimento econômico incrementa o comércio que, por sua vez, gera uma demanda por transporte, serviço fundamental de ligação entre os produtores e o mercado consumidor. De acordo com a autora, a debilidade do setor de transporte limita a realização da potencialidade de crescimento não só porque as más condições de transporte restringem as possibilidades de ganhos através do comércio, mas também porque uma infraestrutura debilitada pode afetar adversamente o crescimento da produtividade dos outros setores.

Posto isso, é fato que os investimentos em infraestrutura de transportes não podem ser negligenciados. Consoante à afirmação anterior, Rietveld (1989) afirma que o desenvolvimento regional não resulta apenas dos fatores privados de produção como capital e trabalho, mas também da infraestrutura. O autor postula ainda que melhorias na infraestrutura de transportes estimulam tanto a produção quanto o consumo, proporcionando efeitos distributivos substanciais tanto entre grupos econômicos quanto entre regiões.

Os argumentos de Eberts (2000) vão ao encontro das opiniões já expostas. Segundo o autor, não há dúvida de que o transporte é essencial para o funcionamento de uma economia de mercado, entretanto, ainda há muito a ser compreendido sobre maneiras pelas quais um sistema de transporte eficiente pode melhorar a produtividade da economia. Banister e

Berechman (2001) *apud* Araújo (2006) complementam o raciocínio de Eberts (2000) quando afirmam que o investimento em transporte somente se reverterá em desenvolvimento econômico se coexistirem as condições econômicas, as possibilidades de investimento e questões político-institucionais favoráveis. A Figura 1 apresenta de forma esquemática a inter-relação entre as condições citadas.

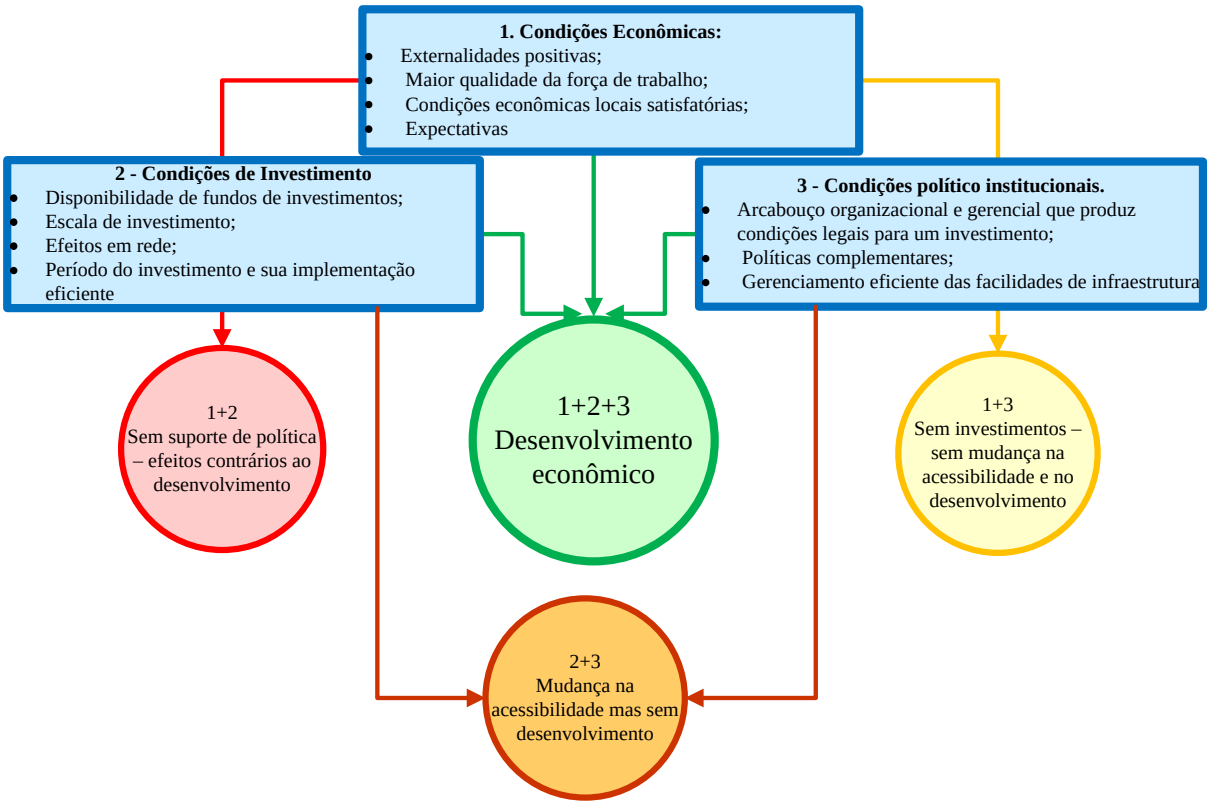



Figura 1. Transporte e desenvolvimento econômico: condições necessárias.
Fonte: adaptado de Banister e Berechman (2001) apud Araújo (2006)

A partir da Figura 1, Araújo (2006) faz as seguintes explicações:

> As condições econômicas ilustram bem o fato de que não adianta implementar uma nova rodovia, se em conjunto não existirem economias de aglomeração, mercado de trabalho, bem como produtos e condições político-institucionais. Quando existem apenas os investimentos e as condições político-institucionais, a atratividade de uma localização particular poderia mudar, mas isto seria meramente a redistribuição de um desenvolvimento já existente, mais do que um adicional de crescimento. Similarmente, se somente as condições de investimentos e as condições econômicas estão presentes, os efeitos dos investimentos sobre o desenvolvimento econômico poderiam não acontecer pela falta de suporte político ou por causa de conflitos no uso do sistema de transporte.

Eberts (2000) ainda chama a atenção para os pontos que devem ser cuidadosamente considerados pelos formuladores de políticas públicas. O autor suscita que os agentes detentores do poder de decisão devem atentar para o efeito adicional produzido por investimentos em transportes no desenvolvimento econômico. Além disso, é importante

conhecer as necessidades futuras em infraestrutura, de modo a tornar o crescimento sustentável.

A influência dos transportes na economia supera a fronteira do crescimento, que encerra uma conotação quantitativa, na medida em que empreende maior dinamismo no ritmo da atividade econômica, notadamente em função do comércio, destacada por Araujo (2006). Na medida em que a existência de infraestrutura de transportes estimula a integração entre regiões, ou mesmo facilita o acesso a serviços essenciais, esse setor também contribui para o desenvolvimento econômico de um país.

As evidências dos efeitos dos investimentos em infraestrutura de transportes no crescimento econômico foram reveladas por diversos estudos tais como o de Aschauer (1989), Barro (1990), Ferreira (1994 e 1996) e Munnel (1990), citados por Araújo (2006) e Silva, Jayme e Martins (2003). O ponto comum entre os referidos estudos diz respeito à demonstração empírica da relação positiva dos gastos em infraestrutura sobre o produto do setor privado e sobre o crescimento econômico (ARAÚJO, 2006, p. 20).

> Os resultados indicaram que os gastos públicos com infraestrutura (construção de estradas, aeroportos, saneamento básico, etc.) têm um papel importante no estímulo da produtividade da economia, pois mostraram os efeitos da logística pública sobre os ganhos de produtividade dos investimentos privados. (SILVA, JAYME e MARTINS, 2003, p 5-6)

A Tabela 1 ilustra a elasticidade do produto em relação aos investimentos em infraestrutura para diferentes países, obtidas a partir dos estudos mencionados.

Tabela 1. Elasticidade do produto em relação aos investimentos em infraestrutura de transportes

| **País** | **Elasticidade do Produto** |
|---|---|
| Estados Unidos | 0,29 a 0,64 |
| Holanda | 0,48 |
| Japão | 0,15 a 0,39 |
| Alemanha | 0,53 a 0,68 |
| Canadá | 0,633 a 0,77 |
| Bélgica | 0,54 a 0,57 |
| Austrália | 0,34 a 0,70 |

A partir dos argumentos expostos fica evidenciada a importância da infraestrutura de transportes frente ao crescimento econômico de uma nação. Em consonância ao exposto, pode-se citar, o exemplo da China que investe o equivalente a 4% de seu PIB em infraestrutura de transportes e vem crescendo, nos últimos anos, em média 10% a.a

(FRISCHTAK, 2007), já o Brasil investe menos de 0,5% do PIB em transportes e tem crescido, em média, 3,5% a.a (IPEA, 2008). Como dito anteriormente, a infraestrutura de transportes pode não levar ao crescimento econômico por si só, mas é fato que sua deficiência limita o desenvolvimento de um país.

Nesse sentido, Silva, Jayme e Martins (2003) afirmam que o sistema de transporte é uma variável estratégica para o desenvolvimento regional e nacional. De acordo com os autores, em países com elevado potencial agrícola como o Brasil, o setor de transportes adquire ainda mais importância, uma vez que a capacidade de mobilidade de pessoas e cargas altera profundamente aspectos dos quais dependem a competitividade das empresas e as vantagens comparativas regionais.

Tendo em vista a importância dos transportes para a economia como um todo bem como a necessidade de investimentos nesse setor e a limitação dos recursos disponíveis, a avaliação econômica de projetos em transportes ganha importância na medida em que define, a partir dos pontos de vista da sociedade e do governo, quais os projetos que devem ser implantados e quando isso deve ocorrer.

## 2.2 A avaliação econômica e social de projetos

A avaliação econômica de projetos consiste na mensuração dos custos e benefícios econômicos de um projeto, do ponto de vista do país como um todo (ADLER, 1978, p. 3). É nesse aspecto que a avaliação econômica difere da financeira, notadamente porque esta analisa apenas os resultados financeiros dos interessados diretos na execução de determinado projeto. Uma vez mencionado o termo projeto, é fundamental que se discorra a respeito do seu conceito, além de conceitos complementares a este.

Em primeiro lugar, há que se definir o conceito de projeto difundido na literatura. De acordo com Clemente e Fernandes (2002) o termo projeto está associado à percepção de necessidades ou oportunidades de determinada organização. Já Abecassis e Cabral (2000) conceituam projeto como sendo o conjunto sistematizado de informações destinado a fundamentar uma decisão de investimento.

Ainda acerca do conceito de projeto, há que salientar a proximidade conceitual entre os termos projeto e planejamento. Nesse sentido, Clemente e Fernandes (2002) afirmam que embora a elaboração, análise e avaliação de projetos sejam atividades concernentes ao planejamento, este é um termo muito mais amplo, compreendendo muitas outras atividades

além do projeto em si. O planejamento, em essência, é a escolha de situações futuras adequadas ao ambiente que envolve a organização e o estudo dos cursos alternativos de ação para alcançá-las (CLEMENTE e FERMANDES, 2002, p.23). O projeto, por sua vez, refere-se a um tema mais específico, requer quantidades definidas de recursos e de tempo e estabelece resultados tipicamente quantificáveis.

Tanto a diferenciação entre projeto e planejamento como a sedimentação do conceito de projeto, em si, é importante uma vez que tais conceitos são uniformes, isto é, independente da esfera a qual pertence o projeto, seja ela pública ou privada, seu conceito é o mesmo. Além disso, o marco teórico a respeito das óticas sob as quais é realizada a avaliação econômica é de fundamental importância, uma vez que as mesmas delimitam quais os critérios a serem utilizados na análise.

A confrontação comum quando se trata de avaliação econômica, são as óticas privada e social. Entretanto, Contador (1988) salienta que geralmente os projetos são avaliados independentemente sob vários outros aspectos, além do social ou do privado, de acordo com os critérios, por exemplo, do banco de fomento, da agência reguladora, do governo, entre outros. A ótica sob a qual é feita a avaliação econômica implica na adoção de critérios diferentes para o mesmo projeto. O autor exemplifica essa afirmação mostrando que, do ponto de vista do empresário, variáveis como despesas de implantação e receitas brutas são importantes; já sob a ótica do governo interessam os montantes relativos a doações e incentivos e arrecadação tributária.

Existe na literatura uma ampla difusão a respeito da diferenciação entre as características de projetos públicos e privados, bem como dos critérios adotados pelas diferentes óticas de análise, além das formas de avaliação diversas para cada caso. A próxima seção discute os principais aspectos sobre o assunto.

### 2.2.1 Avaliação pública versus avaliação privada de projetos

Como já antecipado, existem diferenças cruciais entre a avaliação de projetos públicos e projetos privados, fundamentalmente porque a ótica a partir da qual é concebida a análise é bastante diversa. Nesse sentido, Clemente e Fernandes (2002) afirmam que a avaliação de projetos sob a ótica do setor privado deve assegurar a rentabilidade do capital investido, já sob a ótica do governo, o objetivo é apresentar uma relação líquida positiva entre os custos e benefícios incorridos pela sociedade como um todo.

Abecassis e Cabral (2000), por sua vez, definem a separação entre projetos públicos e privados em uma dicotomia expressa através de como os projetos são avaliados. Assim, de acordo com os autores, existem os antagonismos, quais sejam, avaliação empresarial e avaliação social ou avaliação financeira e avaliação econômica, cuja distinção se encontra no sistema de preços ao qual cada uma se refere. Nesse contexto, postulam que:

> De forma geral, os lucros apresentados pelas empresas, na sua contabilidade, não refletem os custos e benefícios para a coletividade, na medida em que o sistema de preços, em que se baseia o seu cálculo, difere de um ideal sistema de preços que assegurasse o equilíbrio de mercado perfeito e refletisse a utilidade marginal dos bens e serviços (ABECASSIS e CABRAL, 2000, p. 99-100)

Em consonância às colocações de Abecassis e Cabral (2000), Abreu e Stephan (1982) diferem a avaliação econômica da financeira. De acordo com os autores, a avaliação financeira consiste na análise dos fluxos de caixa estritamente do ponto de vista das receitas e despesas resultantes da execução do projeto por parte da empresa ou entidade. Já a avaliação econômica diz respeito aos objetivos ligados à perseguição do bem-estar da sociedade através da consideração de vários critérios de análise que consiste na principal diferença entre a análise de projetos públicos e privados.

Como pode ser observado a partir das discussões dos autores, as diferenciações entre os tipos de projeto bem como a forma como são avaliados podem ser observadas sob diversos aspectos, seja sob o prisma dos benefícios ou sob a égide dos preços utilizados. Ao encontro dessa constatação, pode-se citar a contribuição de Buarque (1984), uma vez que apresenta a evolução da avaliação de projetos públicos até o momento em que esta separou-se da ótica privada de análise de investimentos (vide Figura 2).


Figura 2. Separação entre avaliação financeira e econômica de projetos
Fonte: adaptado de Buarque (1984)

A partir de Buarque (1984) soube-se que no advento das avaliações de projetos, a ótica predominante era a financeira, aplicada, sem distinção, em projetos tanto públicos quanto privados. Entretanto, de acordo com o autor, percebeu-se que a rentabilidade financeira dos projetos não justificara inteiramente o financiamento público, notadamente em função de dois aspectos:

> Primeiro: o financiamento público deveria ter em consideração certos objetivos nacionais que não interessam ao financiamento privado;
> Segundo: se a empresa tinha uma rentabilidade financeira grande, poderia obter financiamento no próprio setor privado, e o setor público encarregar-se-ia do financiamento de empresas mais próximas dos objetivos nacionais. (BUARQUE, 1984, p. 36)

Sendo assim, o autor postula que a partir dessa constatação a avaliação de projetos públicos passou a diferenciar-se da avaliação privada, fundamentalmente no sentido de considerar efeitos relativos ao emprego de mão-de-obra, de recursos naturais, poupança de divisas entre outros, além da rentabilidade do projeto por si só.

Frente ao discutido até o momento é possível afirmar que, de fato, há peculiaridades tanto na avaliação dos projetos quanto na própria concepção de investimentos públicos e privados o que implica num tratamento diferenciado das informações a serem consideradas em cada caso. Dessa forma, em consonância às colocações de Abecassis e Cabral (2000) a dicotomia existente entre a avaliação econômica e financeira representa também a dicotomia entre projetos públicos e privados, principalmente quando nos referimos aos resultados dessas análises. Isto é, considerando que a avaliação econômica capta os impactos na esfera social causados pelo projeto, aspecto importante para a tomada de decisão do setor público, a avaliação financeira concentra-se no estabelecimento de uma taxa de rentabilidade vantajosa, que viabilize o projeto, quesito principal para o setor privado no momento em que decide as opções de investimento.

Por fim, cabe destacar que, embora definido o antagonismo entre a análise econômica e financeira evidente do ponto de vista dos resultados de interesse para avaliações das diferentes esferas, elas são, também, complementares, já que podem figurar conjuntamente, no intuito de subsidiar decisões em qualquer âmbito, quando se deseja analisar não só o aspecto econômico, mas também o financeiro.

### 2.2.2 Metodologias de avaliação econômica e social de projetos

A avaliação econômica e social de projetos possui diferentes vertentes de abordagem cuja diferenciação ocorre, notadamente, em função das metodologias de mensuração dos

benefícios. O intuito da presente seção é apresentar três dos métodos mais utilizados na realização da avaliação econômica. Tal discussão é importante uma vez que servirá de embasamento teórico para justificar a metodologia de avaliação de projetos a ser proposta.

Os métodos de análise econômica de projetos a serem discutidos são: análise custo benefício (ACB), análise custo efetividade (ACE) e análise custo utilidade (ACU). O objetivo dos métodos citados é o mesmo, a maximização do bem estar da sociedade.

A definição de bem estar empreende uma discussão teórica bastante controversa, notadamente em função da dificuldade implícita em sua definição, o que transfere ainda mais incerteza à maximização desse critério. Abreu e Stephan (1982) ponderam que não é fácil definir o que é bem estar porque é preciso relacioná-lo com os recursos necessários para sua obtenção. Nesse sentido, os autores explicam que em sociedades menos desenvolvidas, o bem estar é uma função quase direta dos bens e serviços que satisfazem necessidades vitais. Já, à medida que a sociedade se desenvolve, a noção de bem estar evolui e passa a incluir "bens" menos essenciais (ABREU e STEPHAN, 1982, p. 184).

No que se refere à otimização do bem estar social, Abreu e Stephan (1982) mencionam algumas formas de atingir esse patamar e referem-se ao ótimo de Pareto como sendo a vertente teórica mais plausível no que se refere à otimização do bem estar social, embora, na prática, necessite de algumas acomodações.

A teoria do ótimo de Pareto postula que o ótimo é atingido quando o bem-estar de pelo menos um indivíduo, ou grupo de indivíduos, melhorou e o dos demais ficou inalterado. Porém, a restrição da teoria reside no fato de ter sido desenvolvida num arcabouço no qual se tratava de uma economia de concorrência perfeita, em situação de equilíbrio.

Feitas tais considerações, é possível conceituar as principais metodologias de avaliação econômica e social de projetos.

#### 2.2.2.1 Análise Custo Benefício (ACB)

A análise custo benefício (ACB) concentra-se na comparação entre custos e benefícios de um projeto passíveis de mensuração monetária. Para Abreu e Stephan (1982) a ACB consiste em agregar todos os critérios relevantes para a aceitação ou não de um projeto em uma só medida: o dinheiro. Já Motta (1998) e Branco (2008) afirmam que o objetivo da ACB é comparar custos e benefícios associados aos impactos dos investimentos em termos de seus valores monetários. Acerca dessa assertiva, Abreu e Stephan (1982) inferem que tal

procedimento implica que a função de bem-estar social seja aditiva em relação a todas as dimensões relevantes. De acordo com os autores, o ótimo é atingido quando o montante de benefícios supera os custos, o chamado princípio da compensação.

A metodologia implícita na ACB está, de acordo com Lang (2007), na comparação entre o valor presente dos custos e dos benefícios, cujo resultado servirá de parâmetro objetivo para a opção de escolha por determinado projeto ou para sua avaliação, de forma que o objetivo é maximizar o valor presente. Assim, se os benefícios excederem os custos a proposta deve ser aceita, caso contrário, rejeitada (LANG, 2007, p. 99 – 100).

Entretanto, é sabido que nem todos os critérios relevantes socialmente para a avaliação de projetos são passíveis de mensuração monetária. Dessa forma, quando identificada a necessidade da inserção de características indiretas e intangíveis, é interessante que a análise seja complementada por metodologias capazes de incorporar esse tipo de variável.

Conforme postulam Abreu e Stephan (1982), os efeitos de um projeto são, geralmente, divididos em diretos e indiretos. Os efeitos diretos dizem respeito às modificações associadas ao projeto como a redução dos custos operacionais dos automóveis, no caso da implantação de uma nova rodovia. Os efeitos indiretos ou secundários podem ser divididos em externalidades e efeitos incidentes. Tais categorias dizem respeito a conseqüências do projeto que incidem são só sobre os usuários da via, mas sob toda a sua área de influência.

Como salientado, os custos e benefícios considerados devem ser mensuráveis em unidades monetárias. Entretanto, os custos e benefícios não se utilizam dos preços de mercado para sua mensuração. Segundo Abreu e Stephan (19982), isso ocorre porque:

> Para produtos ou insumos do projeto que tem preços de mercado, estes preços podem ser distorcidos, isto é, não resultantes de uma situação de oferta e demanda equilibrada (...). Para os produtos ou insumos que não têm mercado (os intangíveis) simplesmente não há preços. É, portanto, necessário estabelecer métodos de avaliação para determinar preços fictícios (ABREU e STEPHAN, 1982, p. 194).

A necessidade da ordem monetária das variáveis consideradas na ACB consiste em sua principal restrição, notadamente, como já salientado, em função de que muitos aspectos de interesse da sociedade não podem ser mensurados em termos monetários de forma simplificada ou, simplesmente, tal possibilidade inexiste, como postula Branco (2008).

Apesar de suas restrições, a ACB é a metodologia de análise econômica e social mais difundida tanto na literatura quanto no campo prático. De acordo com Branco (2008) é uma das análises mais utilizadas para determinar e comparar a viabilidade de projetos. Motta (1998), por sua vez, postula que com os procedimentos da ACB é possível identificar as

estratégias cujas prioridades aproveitam, da melhor maneira possível, os recursos, isto é, estratégias cujos benefícios excedem os custos. Desta maneira, os tomadores de decisão estão maximizando os recursos disponíveis da sociedade e, conseqüentemente, otimizando o bem-estar social.

A aceitação da ACB pode ser exemplificada também por sua utilização em projetos avaliados por entidades como o Banco Mundial, Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) e Fundo Monetário Internacional (FMI). O Banco Mundial, por exemplo, possui um software que possibilita a avaliação econômica de projetos de transporte rodoviários baseado no método ACB. Já o FMI exige que os projetos submetidos a sua avaliação, contemplem a abordagem ACB em seu estudo de viabilidade.

Branco (2008) afirma que o problema de atribuição de valor a benefícios de difícil mensuração pode ser eliminado com o emprego da análise de custo-efetividade, tema da próxima seção.

#### 2.2.2.2 Análise Custo Efetividade (ACE)

De acordo com Branco (2008) a análise custo efetividade pressupõe a comparação dos custos de políticas ou projetos com base no alcance de determinados objetivos. Consoante a essa definição, Lang (2007) afirma que a ACE considera as várias opções disponíveis para que seja alcançada uma prioridade política predefinida e compara os seus custos relativos para atingir seus objetivos. Dessa forma, é possível identificar a opção que assegura a obtenção do resultado desejado aos menores custos (MOTTA, 1998, p. 66).

Lang (2007) determina que a ACE diferencia-se da análise custo-benefício por agregar medidas físicas à medida econômica para a interpretação dos benefícios. A literatura em geral, além da diferenciação, sugere que a ACE pode complementar a ACB, uma vez que permite a agregação de variáveis de difícil mensuração monetária, eliminando, dessa forma, uma restrição desta metodologia.

Assim como a ACB, a ACE está baseada na teoria do bem estar social, sendo, então, uma avaliação microeconômica na qual as alternativas são comparadas em termos de custos e conseqüências. Conforme Lang (2007), a diferença dos custos (custo incremental) é comparada a diferença das conseqüências na forma de razão. A divisão dos custos pelo indicador escolhido produz índices de custo-efetividade (BRANCO, 2008, p. 17).

Em projetos de infraestrutura, por exemplo, podem ser comparados projetos diferentes que abordam o mesmo problema de maneira diferente. Lang (2007) preconiza que o custo-efetividade de um projeto de infraestrutura pode ser expresso:

> Por unidade de um padrão conseguido por unidade monetária gasta; por unidade do padrão conseguido em diferentes programas com iguais custos; pelo custo por unidade desse indicador conseguido; ou ainda pelo custo de programas que atingem um mesmo padrão desse indicador analisado. Vale destacar que o padrão analisado se refere ao critério utilizado para medir a efetividade. (LANG, 2007, p. 105).

Branco (2008) e Lang (2007) apresentam uma série de vantagens da ACE em relação aos outros métodos de análise econômica e social. De acordo com Branco (2008) uma vantagem da ACE está atrelada à possibilidade de auxílio nas decisões econômicas no que se refere à implementação de políticas, privilegiando a alocação eficiente dos recursos. Outra vantagem apontada pela autora refere-se à possibilidade, a partir da ACE, de assegurar aos financiadores um "valor para o dinheiro", o que quer dizer que é possível mostrar o que deverá ser alcançado com o recurso empregado.

Nesse sentido, Pereira (1999) apud Lang (2007) pondera que, no caso de projetos e programas sociais em que os benefícios não são passíveis de valoração monetária, ao se substituir o conceito de benefício pelo de efetividade, mantém-se o critério de otimização como previamente definido. Pois o que se pretende é comparar uma categoria quantitativa numa escala cardinal (a de custo) com outra qualitativa e uma escala ordinal (a de efetividade). Essa característica é uma das principais vantagens da ACE frente às outras técnicas, já que não é preciso precificar benefícios de difícil valoração.

Em detrimento dos outros tipos de análise, há quem defenda que

> a ACE é utilizada nos casos em que há muita dificuldade de valoração de benefícios ou utilidades, ou quando os custos estiverem acima da capacidade institucional. Assim, as prioridades são ordenadas somente com base no benefício, não havendo uma valorização financeira dos mesmos, já os custos são medidos em unidades monetárias. (KRAEMER, 2002 apud LANG, 2007, p. 107).

Apesar das vantagens apresentadas, a análise econômica a partir da ACE é pouco utilizada na prática. Isso se deve, principalmente pela falta de treinamento no desenvolvimento e uso dessa ferramenta. Lang (2007) assinala que no Brasil a aplicação da ACE é praticamente inexistente, notadamente no que se refere ao setor de infraestrutura de transportes, no qual predomina a utilização da ACB. O campo científico da saúde é onde a ACE encontra maior espaço.

#### 2.2.2.3 Análise Custo Utilidade (ACU)

Motta (1998) afirma que são consideráveis os esforços de pesquisa para calcular um indicador de benefícios capaz de integrar o critério econômico a outros critérios de interesse. De acordo com o autor, em vez de se usar uma única medida do valor monetário de um determinado benefício, os indicadores são calculados para valores econômicos e também para outros critérios de interesse, relevantes para áreas de estudo como a ecologia, a saúde, entre outros.

Em consonância com Motta (1998), Lang (2007) cita que a análise custo-utilidade (ACU) é uma adaptação generalizada da análise custo-efetividade. A diferença estaria em tornar clara a comparação entre conseqüências ou benefícios. A partir desse tipo de análise é possível medir os efeitos de uma intervenção tanto quantitativa quanto qualitativa, recorrendo a uma unidade de medida designada para utilidade (CAMPUS E MANTEIGAS, 2005, apud LANG, 2007, p. 108).

Este método está calcado no procedimento de acordo com o qual cada indicador tem um peso absoluto e os benefícios das alternativas analisadas são avaliados com ponderações para cada indicador. Os resultados finais são calculados para cada opção que representará uma média ponderada para todos esses critérios (MOTTA, 1998, p. 64).

No que se refere à metodologia de mensuração das escalas de julgamentos, o autor atenta para suas limitações:

> o principal problema metodológico é a determinação de escalas coerentes e aceitáveis para a definição da importância relativa dos diferentes critérios. Cada escala definirá uma ordenação específica. Portanto, a participação dos atores sociais relevantes, a integração governamental e o debate político são o único caminho para minimizar essas restrições (MOTTA, 1998, p. 64).

Assim como a ACE, a ACU é pouco utilizada para a avaliação econômica de projetos de infraestrutura de transportes, sendo amplamente suplantada pela ACB. Nesse sentido, Motta (1998) postula que ACU é uma abordagem muito custosa e, assim, estaria acima da capacidade institucional, do compromisso político e da aceitação social nos países em desenvolvimento. O que pode explicar, em parte, sua pouca aplicabilidade prática.

Explicados os principais métodos de análise econômica e social de projetos é, ainda, necessário a demarcação teórica de preços econômicos, representados pelos custos e benefícios presentes nas diferentes abordagens de avaliação de projetos, tema da próxima seção.

### 2.2.3 Preços sociais: os custos e os benefícios

Custos e benefícios econômicos são conceitos recorrentes na maioria dos métodos de avaliação econômica de projetos. Como já salientado, a mensuração dos custos e benefícios, nesse tipo de avaliação, não se dá a partir de preços de mercado uma vez que nem todos os preços que se encontram no mercado refletem perfeitamente os benefícios e custos incorridos pela sociedade como um todo. Dessa forma é necessário que se estime o preço social dos fatores, bens e serviços (FERNANDES, 1996, p. 20).

Dito isto, é fundamental explicitar a diferenciação teórica entre preços sociais e de mercado. Nesse sentido, a definição encontrada na literatura é dada por Contador (1988)

> Preços de mercado são, por definição, aqueles observados no nosso cotidiano, quer se trate de bens e serviços finais, quer de insumos. Devido à informação imperfeita, estratégia de vendas, custos de transporte, discriminação de consumidores, etc., é possível encontrar preços diferentes para o mesmo fator ou produto, num mesmo momento do tempo. Para evitar os transtornos resultantes da pluralidade de preços para um mesmo bem, é costume empregar a média com o preço representativo.
> Preços sociais, por sua vez, não são diretamente observáveis (a menos, é claro, que estejamos operando sob condições teóricas de concorrência perfeita). Ao contrário dos preços de mercado, que representam os benefícios e custos de oportunidade para as empresas, grupos de indivíduos etc., os preços sociais refletem os custos de oportunidade da economia como um todo (CONTADOR, 1988, p. 75).

Na avaliação econômica de projetos em infraestrutura de transportes, notadamente quando empregada o método ACB, em lugar dos preços sociais, utiliza-se o conceito de preços econômicos. Nesse aspecto, cabe a conceituação desse termo no que tange sua diferenciação dos custos financeiros e econômicos.

Conforme Moreira (2000) o custo econômico consiste na identificação dos elementos do custo financeiro e na análise de sua natureza, ou seja, se diz respeito ou não a um custo inferido pela sociedade. Sendo assim, a diferença entre custos financeiros e econômicos consiste numa parcela dos custos financeiros que não representam um custo, de fato, para a sociedade. Nesse sentido, o autor salienta, corroborado por Casarotto e Kopittke (2000), que os custos com impostos e subsídios devem ser retirados dos custos financeiros, tornando-os econômicos, uma vez que a tributação não representa um custo real para a sociedade, e sim um mecanismo de circulação monetária entre os setores da economia de um país.

No que se refere aos custos considerados na avaliação de um projeto em infraestrutura de transportes, Macário (2007) propõe que sejam abordados os seguintes:

- Custos diretos da construção
  - Investimento inicial
  - Custos com manutenção, operação e administração.

- Custos indiretos da construção
  - Custos de perturbação devido aos trabalhos de construção
  - Alterações nos custos das infraestruturas da rede existente;
- Valor residual da infraestrutura; e
- Consideração da subestimação dos custos diretos de construção.

No que se refere aos benefícios econômicos gerados por um projeto em infraestrutura de transportes para a sociedade, Adler (1978) afirma que sua mensuração é deveras mais difícil que a dos custos econômicos. Segundo o autor, isso ocorre em função de três razões principais:

> Primeiro, alguns benefícios, embora claramente diretos, são difíceis de expressar em termos monetários, pois, em geral, não há para eles preços de mercado. Segundo, a maioria dos benefícios, como a redução dos custos de transporte, favorece um grande número de indivíduos, durante um tempo muito dilatado, o que requer difíceis precisões de longo prazo. Terceiro, muitos benefícios são indiretos, como o estímulo à economia causado pela melhoria de transporte; mas para que tais benefícios se produzam, são muitas vezes necessários investimentos em outros setores. (ADLER, 1978, p. 20)

Ainda de acordo com o mesmo autor, os principais benefícios decorrentes de projetos de transporte incluem:

- A redução dos custos operacionais dos veículos dos usuários;
- O estímulo ao desenvolvimento econômico;
- A redução do tempo de viagem dos usuários;
- Redução de acidentes e,
- Aumento do conforto e conveniência.

Na metodologia desenvolvida por Macário (2007), estão presentes os benefícios relativos à redução dos custos operacionais dos veículos, redução do tempo de viagem e seu custo e redução dos custos com acidentes. O autor procura ainda mensurar os benefícios da sociedade com a redução da emissão de poluentes e com o desenvolvimento socioeconômico.

Por sua vez, Moreira (2000) faz uma análise das metodologias de avaliação de projetos desenvolvidas por algumas entidades do setor de transportes urbanos. Nesse levantamento, o autor constatou que os benefícios mais comumente considerados na análise tradicional de avaliação econômica são: a redução do custo operacional dos veículos e a redução do tempo de viagem e seus custos, notadamente porque são mais facilmente transformados em unidades monetárias.

É importante salientar que a análise econômica de projetos, quando considera a metodologia ACB, somente engloba ao fluxo de caixa os custos e benefícios passíveis de mensuração monetária. É fato que nem todos os efeitos provocados pela implantação de um projeto de transporte podem ser quantificados, como já relatou Adler (1978).

Identificados os custos e benefícios comumente considerados na avaliação econômica de projetos de infraestrutura de transportes, resta a discussão a respeito dos indicadores econômicos que atestam a viabilidade (ou não) dos projetos analisados. Tal assunto é discutido na seção que segue.

### 2.2.4 Indicadores para seleção de projetos

A decisão sobre a viabilidade de um projeto isolado ou comparado à de outros projetos exige o emprego de critérios e regras que devem ser obedecidos para que os projetos possam ser aceitos e ordenados por preferência (CONTADOR, 1988, p. 41). Nesse sentido, Lins (1976) chama a atenção para o fato de uma decisão apressada ou baseada no bom senso poder levar a decisões equivocadas, em função diversidade de condições das alternativas analisadas.

Em primeiro lugar, é importante frisar que a grande maioria dos projetos de investimentos trata de informações que advêm de simulações sobre o comportamento futuro de variáveis de desempenho, ou seja, trata de indicadores de desempenho para formar uma tomada de decisão. Estas medidas e procedimentos de simulação certamente influenciarão o desenho dos fluxos de caixa futuros, assim como dos resultados das análises realizadas a partir destes fluxos futuros esperados. Desta forma, a qualidade das informações, levadas ao modelo de geração de indicadores de resultado, é tão importante quanto o próprio critério de análise adotado no estudo de viabilidade de um projeto.

Dito isto, serão apresentados os principais critérios utilizados em análise de investimentos. São eles:

- Valor Presente Líquido (VPL);
- Taxa Interna de Retorno (TIR);
- Relação Benefício Custo (B/C);
- Ano ótimo de abertura ou *timming*;
- Taxa de Retorno sobre o Investimento Adicionado (TROIA);
- Payback Time ou Tempo de Recuperação do Capital, (TRC).

Hummel e Tachner (1995) reiteram que para que a comparação entre as alternativas analisadas tenha algum sentido, é necessário que os fluxos de caixa decorrentes de cada alternativa sejam estimados para o mesmo período de tempo. Nesse sentido, é importante salientar que a maioria das análises e estudos realizados tem como ponto de apoio a taxa de desconto denominada de Taxa Mínima de Atratividade (TMA), também utilizada como fator de desconto, com a finalidade de equiparar os valores no tempo. Deste modo, é fundamental esclarecer este conceito.

Define-se a Taxa Mínima de Atratividade como a taxa de retorno mínima aceitável para realizar um investimento, conformada pela melhor taxa disponível para aplicação do capital, com o mais baixo grau de risco do mercado financeiro, na maioria dos casos.

Outras definições da TMA são encontradas com freqüência na literatura técnica. Destaque-se o texto de Casarotto e Kopittke (2000). Segundo o autor, uma proposta de investimento para ser atrativa deve render, no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco. (CASAROTTO e KOPITTKE, 2000, p. 108).

Tratando das questões comparativas entre os critérios de análise de investimentos e a necessidade do uso implícito ou explícito da TMA, Marchetti (1995) a define como:

> A taxa mínima para aceitação do investimento é o elo entre as medidas de valor e a decisão, por considerar o valor da moeda no tempo e por refletir o custo de oportunidade dos recursos destinados ao investimento. (MARCHETTI, 1995, p. 14).

Para ilustrar melhor a dificuldade que o assunto em questão encerra, cita-se, novamente, Casarotto e Kopittke (2000), que exemplifica a determinação da TMA no Brasil:

> Para pessoas físicas é comum a Taxa Mínima de Atratividade ser igual à rentabilidade da caderneta de poupança. Para as empresas, a determinação é mais complexa e depende do prazo ou da importância da estratégia das alternativas. Para investimentos de curtíssimos prazos (...) pode ser utilizada como TMA a taxa de remuneração de títulos bancários de curto prazo como os CDBs. Em investimentos de médio prazo (até seis meses), pode-se considerar como TMA a média ponderada dos rendimentos das contas do capital de giro, como por exemplo, aplicações de caixa, valorização do estoque, ou taxa de juros embutidas em vendas a prazo.
> Já em investimentos de longo prazo, a TMA passa a ser uma meta estratégica.
> Por exemplo, a empresa que tem por objetivo crescer seu patrimônio líquido em 10% aa, e ainda possui uma política de distribuição de dividendos da ordem de 1/3 de seus lucros, deverá fixar como TMA estratégica a taxa de 15% a.a.
> Já para empresas financeiras pode-se considerar a TMA como sendo a taxa a partir da qual elas passam a ter lucro financeiro. Elas captam recursos a determinada taxa, reaplicando com certa margem (*spread*). A taxa de captação poderia ser considerada como a Taxa Mínima de Atratividade de um banco. (CASAROTTO e KOPITTKE, 2000, p. 109).

Feitas as considerações pertinentes à TMA, o próximo passo consiste na conceituação e definição dos principais aspectos dos indicadores de viabilidade econômica, recorrentemente utilizados em análises desse tipo.

#### 2.2.4.1 Valor Presente Líquido (VPL)

O valor presente líquido, de acordo com Abreu e Stephan (1982) pode ser interpretado como sendo o lucro líquido do projeto. Contador (1988), por sua vez, afirma que o VPL é um indicador rigoroso e isento de falhas técnicas.

A partir deste método, calcula-se o valor presente de cada termo do fluxo de caixa e, em seguida, soma-se cada um destes resultados (CONTADOR, 1988; ABREU e STEPHAN, 1982; BUARQUE, 1984). Para o cálculo do valor presente de determinado termo, a taxa de desconto a ser utilizada é a TMA.

O cálculo do VPL feito a partir da seguinte equação (Buarque, 1984):

$$VPL = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

Onde:

$B_t$ = Benefícios econômicos do projeto ao longo do período t=1 até t=n

$C_t$= Custos econômicos do projeto ao longo do período t=1 até t=n

$i$ = Taxa de desconto (TMA)

$t$ = Período

A diferença entre os benefícios e os custos econômicos projetados para cada período de tempo constitui o fluxo de caixa do projeto. Nos custos do projeto estão também incluídos os custos de investimentos, o que faz com que tipicamente o fluxo de caixa de um projeto de transporte seja fortemente deficitário nos primeiros anos do investimento (construção da via) e com um superávit estável e longo no decorrer do período de maturação do investimento.

Em termos de avaliação, a literatura afirma que o investimento é considerado viável quando possuir o VPL maior ou igual a zero. Se o VPL for igual a zero, o investidor auferirá como retorno exatamente igual ao mínimo que deseja. Quando o VPL é negativo é mais interessante ao investidor destinar seu capital à alternativa sem risco – a mesma utilizada para decidir o valor da TMA. Consecutivamente, quando o VPL é positivo, o tomador de decisão está diante de uma possibilidade mais rentável que o mínimo que deseja. (CONTADOR, 1988; ABREU e STEPHAN, 1982; BUARQUE, 1984).

Desta forma, pode-se concluir que quanto maior o VPL, mais interessante é o investimento, principalmente quando se pensa nos objetivos do setor privado. Entretanto, quando a análise é feita sob a ótica do governo, pode-se argumentar que basta apenas que o VPL seja maior ou igual a zero – pois para a análise do ponto de vista do governo há outros aspectos importantes, além do retorno, que devem ser também considerados.

Apesar de ser um dos principais indicadores de viabilidade, o VPL possui algumas desvantagens quanto à sua utilização. Hummel e Taschner (1995) citam que não se deve comparar projetos com prazos diferentes, visto que isso pode levar a soluções incosistentes. Para o cálculo do VPL nesta situação, é necessário calcular o Mínimo Múltiplo Comum (MMC) dos prazos dos diferentes projetos. Suponhamos duas alternativas: uma com duração de quatro e outra de seis anos. Dado o MMC igual a doze, o procedimento para se chegar a cada VPL é calculá-los supondo a repetição de cada projeto na quantidade de vezes igual à razão entre o MMC do tempo das alternativas e o da alternativa desejada.

Nestes exemplos, deve-se supor duas repetições do primeiro projeto e três do segundo. Desta forma, o prazo de ambos os projetos será o mesmo e o VPL será calculado como foi dado pela fórmula. Há de se citar que não se podem ignorar os investimentos iniciais, nem o valor residual de cada projeto. O problema deste procedimento é que podem existir casos em que não seja física e economicamente possível repetí-los. Investimento em transportes é um destes casos. Não se constrói duas rodovias no mesmo lugar, tampouco haveria demanda suficiente para tal obra.

Outra dificuldade existente no uso do VPL é o fato de haver uma correlação positiva entre o VPL e o investimento – quanto maior o dispêndio inicial, maior tende a ser também seu VPL. Esta relação em investimentos de transporte pode resultar na priorização, com base em maiores valores de VPL, de grandes projetos em relação a projetos que representemm pequenos investimentos. Apesar destas considerações, o VPL não deixa de ser um indicador largamente utilizado e indispensável para a análise de quaisquer tipos de projetos.

#### 2.2.4.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Este método é muito utilizado, principalmente por ser aplicado a opções de investimentos com diferentes prazos, sem incorrer em perdas na análise. Hummel e Tachner afirmam que a TIR é a taxa de juros para a qual o valor presente dos recebimentos (benefícios) resultantes do projeto é exatamente igual ao valor presente dos desembolsos (custos). De forma simplificada, Contador (1988) e Abreu e Stephan (1982) concordam que a TIR é a taxa de juros que iguala a zero o valor presente líquido de um projeto.

Sendo, então, o VPL = 0, Buarque (1984) apresenta a seguinte formulação para o cálculo da TIR:

$$0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+TIR)^t}$$

Onde:

$B_t$ = Benefícios econômicos do projeto ao longo do período $t$=1 até $t=n$

$C_t$= Custos econômicos do projeto ao longo do período t=1 até $t=n$

*TIR* = Taxa Interna de Retorno (incógnita)

Conhecendo-se os custos e os benefícios do projeto, a única variável incógnita é a própria TIR – que substitui a taxa mínima de atratividade na equação anterior do cálculo do VPL. A obtenção matemática da TIR pode ser um pouco complexa, dado que é preciso encontrar o valor de uma taxa de desconto que faz com que o valor futuro do fluxo de caixa seja igual a zero. A TIR é usualmente calculada com o uso de calculadoras científicas e de softwares – em geral, com bastante precisão.

Quando o projeto apresenta a TIR maior que a TMA, é por ser economicamente viável e interessante ao investidor – pois o retorno de sua aplicação é ainda maior do que lhe parece como o mínimo aceitável. Como o conceito de TIR está diretamente relacionado ao do VPL, sua análise, segundo os interesses do governo, possui a mesma limitação de não poder ser a definitiva – pois desconsidera os benefícios não quantificáveis monetariamente, mas que são muito importantes e devem ser considerados.

Nos casos em que são comparados investimentos com valores de aplicação iniciais diferentes, deve-se calcular a TIR do projeto incremental, ou seja, a TIR resultante das diferenças dos fluxos de caixa de cada projeto. Se a TIR do projeto incremental for maior que a TMA, o projeto com maior investimento inicial será o com melhor retorno. Por outro lado, se a TIR incremental for menor que a TMA, o projeto com menor investimento inicial é o com melhor retorno. A TIR representa o quanto o aplicador deverá obter, em percentagem, em cada período, do seu investimento inicial.

Entre as principais vantagens da TIR, como ressaltam Buarque (1984) e Contador (1988), está o fato de não ser necessário arbitrar sobre um valor para variáveis externas ao projeto (como no caso do VPL que requer a adoção de uma TMA). Entretanto, Abreu e Stephan (1982) discordam dessa assertiva argumentando que a decisão de aceitar ou rejeitar um projeto com base na TIR tem como critério a sua comparação com uma taxa mínima de retorno aceitável. Essa taxa é a mesma taxa de desconto para o método do VPL, o que invalida a ponderação da não necessidade de definição de uma taxa de atratividade.

### 2.2.4.3 Relação Benefício Custo (B/C)

A relação benefício/custo é a razão entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos descontados, sempre, à TMA (CONTADOR, 1988, p. 54). Este critério é bastante importante para a análise de investimento, pois pode ser usado para comparar opções com custos e benefícios bastante diferentes entre si.

Matematicamente, os sinais do fluxo de caixa são desconsiderados, caso contrário, seria inevitável que a relação benefício/custo resultasse em valores menores que zero. Contador (1988) ressalta que as formas de cálculo para esse indicador são as mais diversas possíveis. Considerando a ponderação feita pelo autor, decidiu-se apresentar a metodologia apresentada por Buarque (1984):

$$\text{B/C} = \frac{VPB}{VPC} = \left[ \frac{\sum_{t=1}^{n} \left( B_t \big/ (1+i)^t \right)}{\sum_{t=1}^{n} \left( C_t \big/ (1+i)^t \right)} \right]$$

Onde:

*B/C* = Relação Benefício Custo

*VPB* = Valor Presente dos Benefícios, descontados pela TMA (*i* = TMA);

*VPC* = Valor Presente dos Custos, descontados pela TMA (*i* = TMA);

É importante frisar que não há qualquer diferença entre a TMA utilizada para descontar os benefícios e os custos. Sempre que a relação B/C é calculada, considera-se que todas as folgas de caixa são investidas à TMA. Da mesma forma, todos os *déficits* são captados à TMA.

Para que o investimento seja considerado viável, é necessário que a relação B/C seja maior a 1. Se for igual a 1, o investidor receberá como retorno uma taxa igual a TMA. Se for menor que 1, há a indicação de que este investimento não é atrativo e deve-se buscar alternativas mais interessantes. Quando a relação B/C for maior que 1, é sinal que o investimento é mais rentável do que a TMA preestabelecida. Mais uma vez, é importante salientar que os benefícios e custos adotados para o cálculo da relação B/C são apenas aqueles mensuráveis monetariamente, o que pode não ser suficientemente adequado do ponto de vista da sociedade ou do governo.

#### 2.2.4.4 Ano ótimo de abertura ou *timming*

Este indicador leva o tomador de decisão a optar pela melhor data de início de implantação do projeto analisado. O conceito difundido por Adler (1978) e Contador (1988) é o de que a época mais adequada para implantar um projeto é aquela na qual a diferença entre benefícios e custos, descontados, seja a menor possível. Desta forma, será o ano ótimo de abertura a data em que a perda de benefícios resultante de um adiamento for igual à respectiva redução de custos, ambos fluxos descontados pela TMA.

Quando se calcula o ano ótimo de abertura, podem ocorrer três diferentes situações, segundo Adler (1978):

1. Adiamento de um ano, com sua reposição no final do projeto. Neste caso, há a perda dos benefícios e dos custos do primeiro ano. Entretanto, possivelmente estes benefícios poderiam se disponibilizar posteriormente.
2. Adiamento de um ano, sem sua reposição. O adiamento encurtaria a vida do projeto em um ano. Com isso, a redução dos custos descontados em decorrência desse adiamento deve ser comparada com a perda dos benefícios do mesmo ano.
3. Adiamento de um ano, com reposição indefinida do projeto. Assim, a redução dos custos descontados do primeiro ano se repetirá ao final da vida útil do projeto e, novamente o serão a cada ciclo correspondente à quantidade de anos de vida (suas reposições poderão também ser retardadas em um ano). Os benefícios perdidos seriam os do primeiro ano.

Adler (1978) exemplifica o ano ótimo de abertura de um projeto. Para tal, considera as três situações, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2. Exemplo de cálculo do ano ótimo de abertura - situações

| $ em milhões | | | |
|---|---|---|---|
| **Situação** | **Redução dos custos descontados** | **Redução dos benefícios descontados** | **Benefício líquido** |
| 1 | 1,96 | 0,2 | 1,76 |
| 2 | 1,95 | 0,78 | 1,17 |
| 3 | 2,03 | 0,78 | 1,25 |

Nota-se, facilmente, que em todos os anos há benefício líquido – portanto, o adiamento é justificável. Todavia, não há o esclarecimento de por quanto tempo o projeto deve ser adiado. Assim, é feita uma análise de ano por ano (situação 3, vide Tabela 3).

Tabela 3. Exemplo de cálculo do ano ótimo de abertura: simulação anual

| $ em milhões | | | |
|---|---|---|---|
| **Adiamento** | **Redução dos custos** | **Redução dos benefícios** | **Benefício (+) ou custo (-) líquido** |
| 1 | 2 | 0,8 | 1,2 |
| 2 | 1,8 | 0,9 | 0,9 |
| 3 | 1,6 | 1,1 | 0,5 |
| 4 | 1,4 | 1,3 | 0,1 |
| 5 | 1,3 | 1,6 | -0,3 |

Ao observar os dados, vê-se que há benefício líquido com até quatro anos de adiamento. Assim, o ano ótimo de abertura é o quinto.

### 2.2.4.5 Taxa de Retorno sobre o Investimento Adicionado (TROIA)

Como as análises econômicas são melhor compreendidas quando usados indicadores relativos, esta taxa consiste em uma forma interessante de analisar o investimento.

A TROIA, em síntese, representa, em termos percentuais, uma expectativa de riqueza a ser formada pela decisão de investir. É uma espécie da ajuste da relação B/C para um horizonte temporal mais convencional. Souza e Clemente (2001) argumentam que esta é a melhor estimativa de rentabilidade para um projeto de investimento" (SOUZA e CLEMENTE, 2001, p. 72). Ainda de acordo com os autores, a TROIA seria a rentabilidade anual equivalente à relação B/C do projeto analisado.

Para se calcular a TROIA é necessário descobrir qual é a taxa que iguala o investimento do projeto, em *n* períodos, ao valor da razão benefício-custo

$$B/C = \frac{VPB}{VPC} = I\left[(+i)^{n}\right]$$

Onde:

*VPB* = Valor Presente dos benefícios

*VPC* = Valor Presente dos custos

*I* = Investimento do projeto

*i* = TROIA

*n* = número de períodos (vida útil do projeto)

A TROIA pode ser usada em qualquer tipo de análise de investimentos. Sua principal vantagem, como citam Souza e Clemente (2001), consiste em expurgar o efeito da TMA. Em suma, a TROIA é a taxa que o investidor receberá acima do mínimo estipulado. Em geral, indicará a viabilidade na mesma direção da relação benefício/custo.

### 2.2.4.6 *Payback Time* - Tempo de Recuperação do Capital (TRC)

O *Payback Time*, ou tempo de recuperação do capital (TRC), é um método não exato, ou seja, ele não é equivalente e não se ajusta perfeitamente ao conceito de equivalência da Matemática Financeira. Este método mede o tempo necessário para que o somatório das parcelas anuais seja igual ao investimento inicial (CASAROTTO e KOPITTKE, 2000, p. 122).

Sua lógica determina que a decisão a ser tomada deve ser favorável ao projeto que recupera o capital investido no menor tempo. Entretanto, sabe-se que em projetos de investimento de infraestrutura de transportes, principalmente sob a ótica do governo, o tempo necessário pra se retomar o capital não é a variável mais importante para a tomada de decisão. Além disso, este método parte do falso princípio de que quanto maior for a liquidez, maior será a segurança.

Embora Contador (1988) saliente a facilidade e cálculo imediato desse indicador, sua utilização como indicador isolado para medir o resultado ou a viabilidade de um investimento não é indicada, notadamente porque:

> Não considera o valor do dinheiro no tempo, como já dito;
> Não considera os fluxos líquidos após o período de recuperação;
> Ignora o custo dos recursos necessários à manutenção do investimento. (ABREU e STEPHAN, 1982, p. 35)

No entanto, este método pode ser utilizado como uma condição complementar de apoio à tomada de decisão. O TRC de um projeto é dado por:

$$TRC = \frac{I}{FC}$$

Onde:

*TRC* = Tempo de recuperação do Capital

*I* = Investimento Inicial

*FC* = Fluxo de Caixa Esperado Médio

Em resumo, nesta seção forma descritos brevemente cada indicador de viabilidade econômica. A partir das descrições feitas e dos argumentos encontrados na literatura, pode-se concluir que os mais adequados quando se trata de investimentos em transportes são: VPL, TIR, B/C e ano ótimo de investimento ou *timming*. Combinados, estes indicadores apontam a alternativa mais viável, quando se deve aplicar o capital e qual a taxa de retorno esperada.

A partir dos indicadores econômicos descritos anteriormente é possível organizar as alternativas de projetos analisadas de forma a criar uma hierarquia. Entretanto, esse

procedimento pode envolver outros critérios que condicionarão o resultado final. As formas de hierarquização de prioridades são o assunto da próxima seção.

### 2.2.5 A hierarquização de prioridades

Hierarquizar prioridades significa dispor as alternativas de investimento de acordo com algum critério julgado relevante, como a grandeza dos indicadores econômicos, por exemplo. Tal procedimento é, aparentemente, simples. Uma vez que estão disponíveis os indicadores de viabilidade, organiza-se os projetos em ordem decrescente desses indicadores. Entretanto, a hierarquização de prioridades envolve outros aspectos mais complexos como a restrição orçamentária, ou até mesmo variáveis indiretas, não mensuráveis.

Nogueira (2002) afirma que na análise de um problema complexo, em que o objetivo do formulador de política é influenciado por diferentes variáveis concorrentes, a adoção pura e simples de um método de custos e benefícios pode ser insuficiente. Conforme a autora, tal insuficiência não é apenas conseqüência do fato de que algumas variáveis ou critérios serem intangíveis ou não mensuráveis monetariamente, mas também decorrente de que, mesmo que quantificáveis, há inúmeras inter-relações entre tais critérios.

Em geral, a ferramenta mais utilizada para a hierarquização de prioridades, notadamente quando são relaxadas as hipóteses de influência de variáveis indiretas sobre a viabilidade dos projetos, é a Pesquisa Operacional (PO). Esta abordagem, em geral, tem como objetivo a obtenção de uma solução ótima. As preferências do decisor devem ser representadas com precisão pela definição de um único critério na modelagem matemática da PO. (NOGUEIRA, 2002, p. 32)

Tendo em vista a importância da PO para a proposta metodológica a ser feita pelo presente estudo, cabe uma breve discussão a respeito dos conceitos referentes à programação linear de uma forma geral e do método Simplex, em particular.

#### 2.2.5.1 Programação Linear: o método Simplex

A programação linear é a mais conhecida das técnicas da PO. Novaes (1978) destaca que esta é uma técnica utilizada para resolver determinada classe de problemas em que se procura alocar recursos limitados a atividades ou decisões diversas de maneira ótima. O autor ressalta ainda que esse tipo de problema surge, geralmente, nos setores de planejamento e operação de indústrias, empresas de transporte, órgãos governamentais, entre outros.

Na formulação de um plano de investimentos em infraestrutura de transportes, por exemplo, considera-se a restrição orçamentária a partir da qual devem ser maximizados os benefícios ou minimizados os custos. Dessa forma, chega-se ao conceito de otimização tendo em vista as restrições existentes, presente na PO. A esse respeito, Pidd (1998) salienta que a idéia principal é que alguma medida de desempenho seja otimizada (o que significa maximizar ou minimizar) quando sujeita a algumas restrições conhecidas, é a chamada programação linear.

Rosenhead (1989) apud Nogueira (2002) assim como Pidd (1998) afirmam que os métodos tradicionais de tomada de decisão em planejamento, em geral, acompanham as seguintes etapas:

- Identificação dos objetivos;
- Identificação das alternativas;
- Previsão das conseqüências;
- Avaliação das conseqüências em uma escala comum (normalmente monetária);
- Escolha da ação que proporciona o benefício mais alto.

No que se refere às características, Puccini e Pizzolato (1987) explicam que os modelos de programação linear são identificados através de:

> a) Um critério de escolha das variáveis de decisão constituído por uma função linear das variáveis. Esta função é denominada função objetivo e seu valor deve ser a otimização (maximizado ou minimizado);
> b) As relações de interdependência entre as variáveis de decisão se expressam por um conjunto de equações (e/ou) inequações lineares. Essas relações são denominadas restrições;
> c) As variáveis de decisão do modelo são não-negativas, ou seja, positivas ou nulas. (PUCCINI e PIZZOLATO, 1987, p. 49).

Sobre esse aspecto, Pidd (1998) afirma que o número de alternativas pode ser muito grande, até mesmo infinito. O conhecimento e as informações necessárias para a resolução do problema são extraídos das restrições e da função objetivo. O critério de escolha é geralmente a maximização ou a minimização da função objetivo (PIDD, 1998, p. 199).

A literatura sugere, como já salientado, que o objetivo principal da programação linear é a busca pela solução ótima. Entretanto, Pidd (1998) destaca que, em muitos casos, existem objetivos que suplantam a busca pelo ótimo. A esse respeito, o autor cita a importância da determinação da sensibilidade do ótimo alcançado às mudanças nas hipóteses que sustentam o modelo.

Os pressupostos que sustentam a programação linear surgiram na economia a partir da publicação de Dantzing, em 1947, do método simplex para a programação linear. Puccini e Pizzolato (1987) afirmam que o modelo de Dantzing representa um marco na pesquisa operacional, uma vez que a programação linear tornou-se a primeira técnica explícita com a ascensão do método simplex.

O método Simplex consiste na forma algébrica de encontrar a solução ótima de um modelo de programação linear. Segundo Lisboa (2002) o método Simplex caminha pelos vértices da região viável até encontrar uma solução que não possua soluções vizinhas melhores do que ela.

Da programação linear, tem-se que sua representação matemática (NOVAES, 1978; PUCCINI e PIZZOLATO, 1987):

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + ... + c_nx_n$$

Sujeito a

$$\begin{aligned}
&a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + ... + a_{1n}x_n \leq b_1 \text{ (ou } \geq, \text{ ou } =) \\
&a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + ... + a_{2n}x_n \leq b_2 \text{ (ou } \geq, \text{ ou } =) \\
&\vdots \\
&a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + ... + a_{mn}x_m \leq b_m \text{ (ou } \geq, \text{ ou } =) \\
&x_1, x_2, ..., x_n \geq 0
\end{aligned}$$

Para que seja aplicável, é preciso transformar as inequações (desigualdades) em equações (igualdades) utilizando variáveis residuais ou de folga, de modo que o sistema fique na forma padrão do método Simplex. Puccini e Pizzolato (1987) mostram o procedimento. Suponha que certa restrição do sistema seja $x_1 \leq 3$. Introduzindo a variável de folga $x_3 \geq 0$ tem-se $x_1 + x_3 = 3$. (PUCCINI e PIZZOLATO, 1987, p. 66)

De acordo com Novaes (1987) as variáveis residuais ou de folga representam as quantidades que faltam ao primeiro membro de cada desigualdade para completar os níveis máximos indicados pelos valores do segundo membro.

Dito isso, é importante frisar as bases sobre as quais o método Simplex está estruturado. O referido método baseia-se em três teoremas fundamentais, cujo entendimento é importante para que possa ser compreendido o funcionamento do método como um todo. Puccini e Pizzolato ( 1987) citam os três teoremas:

> Teorema I: o conjunto de todas as soluções factíveis do modelo de programação linear é um conjunto convexo(...);
> Teorema II: Toda solução factível básica do sistema $Ax = b$ é um ponto extremo do conjunto de soluções factíveis, isto é, do conjunto convexo *C* do Teorema I(...);
> Teorema III: a) Se a função objetivo possui um máximo (mínimo) finito, então pelo menos uma solução ótima é um ponto estremo do conjunto convexo *C* do Teorema

> I; b) Se a função objetivo assume o máximo (mínimo) em mais de um ponto extremo, então ela toma o mesmo valor para qualquer combinação convexa desses pontos extremos. (PUCCINI e PIZZOLATO, 187, p 70-73)

Para se aplicar o referido método, é preciso partir de uma solução básica, que corresponde a um ponto extremo (ou vértice) do poliedro convexo. A solução ótima é uma solução básica para o qual o valor da função objetivo é máximo (NOVAES, 1978, p. 123). Entretanto, o método Simplex visa à determinação da solução ótima sem que seja necessário analisar todos os vértices do poliedro convexo.

O funcionamento do método pode ser resumido a partir dos seguintes passos, citados por Puccini e Pizzolato (1987):

i) Achar uma solução factível inicial;
ii) Verificar se a solução atual é ótima. Se for, pare. Caso contrário, siga para o passo iii;
iii) Determinar a variável não básica que deve entrar na base;
iv) Determinar a variável básica que deve sair da base;
v) Achar uma nova solução factível básica e voltar para o passo ii.

Vários são os softwares que funcionam a partir do método Simplex, dentre eles pode-se citar o aplicativo Solver, presente no Microsoft Excel e o LINDO 6.1 (Linear Interactive Discrete Optimizer).

A programação linear a partir do método Simplex pode ser uma ferramenta útil para a proposta de hierarquização de alternativas a ser estruturada, por isso sua inclusão no capítulo relativo ao referencial teórico.

A análise de viabilidade de um conjunto de projetos de interesse pode ser complementada com uma análise que considera um espectro mais amplo de variáveis – que extrapolam o campo econômico-financeiro. Embora o ranqueamento dos projetos seja realizado de acordo com qualquer critério utilizado na análise custo benefício (a TIR, por exemplo), o *ranking* obtido usando metodologias complementares, dentre elas, as que envolvem múltiplos critérios, permite a incorporação de variáveis não contempladas na avaliação econômica tradicional das alternativas.

A discussão acerca da hierarquização de prioridades encerra o marco teórico necessário para fundamentar as decisões e resultados descritos a partir do próximo capítulo. Por fim, é importante frisar que todas as considerações feitas a seguir estão balizadas na literatura amplamente discutida no presente capítulo.

# 3. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS EM INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

O presente capítulo tem por finalidade descrever a metodologia de avaliação econômica de projetos em infraestrutura de transportes proposta, bem como delimitar todas as ferramentas e particularidades presentes em tal proposta. Em primeiro lugar, a seção 3.1 descreve a principal finalidade da metodologia, já na seção 3.2 será descrita a ferramenta utilizada para o cálculo das variáveis que se configurarão nos benefícios considerados. Por fim, a seção 3.3 compreende a descrição da metodologia proposta em si.

## 3.1 As necessidades do SISLOG 3

O Sistema de Auxílio a Decisão Logística (SISLOG) é um *software* desenvolvido pelo Laboratório de Transportes e Logística (Labtrans) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). É um sistema baseado em informações georreferenciadas, que possibilita visualizar os problemas logísticos de forma espacial.

De acordo com Labtrans (2009), o SISLOG permite estudar alternativas de curto, médio e longo prazo, de oferta de infraestrutura e demanda dos mercados sob a ótica dos custos. É possível, também, avaliar a infraestrutura logística e de transportes necessária ao adequado atendimento das demandas dos embarcadores e operadores do transporte intermodal permitindo, por exemplo, o estudo de novos investimentos em rodovias, hidrovias, ferrovias e portos. Constitui ainda, uma ferramenta importante na definição de estratégias em face de situações emergenciais na rede de transporte.

Atualmente, o software dispõe de funcionalidades como:

- Alocação ótima de fluxos em rede;
- Determinação de rotas de mínimo custo logístico;
- Avaliação de cenários logísticos (fluxo material das fontes de matéria-prima, passando pelos pontos de transformação e chegando com os produtos até os consumidores finais);
- Determinação de pontos ótimos para localização de facilidades (centros de distribuição, postos de atendimento, etc.);

- Avaliação de cenários portuários envolvendo demandas, sistemas de acesso, infraestrutura e estudos de intervenções logísticas.

Da forma como está concebido atualmente, embora permita a avaliação da infraestrutura e a inserção de projetos em análise no que se refere a sua parte técnica, o sistema não possui qualquer ambiente para avaliação de projetos, sendo que o procedimento de obtenção de indicadores econômicos é realizado fora do sistema. Além disso, não está incorporada ao seu modelo a modalidade de transporte de passageiros, nem há informações como, por exemplo, fluxo de tráfego.

Tendo em vista as necessidades descritas acima, o SISLOG passa por um processo de atualização e implementação de melhorias e novas funções, que darão origem a terceira versão do software, o SISLOG 3. O desenvolvimento de uma metodologia genérica de avaliação de projetos em infraestrutura de transportes é uma dessas novas funcionalidades. Tal metodologia deve atender a necessidade de análise de projetos de qualquer natureza relacionados a transportes, por isso, deve ser, também, flexível.

O módulo de avaliação econômica do SISLOG 3 deve ser desenvolvido de forma que funcione em harmonia com os outros módulos, uma vez que esses outros módulos fornecerão grande parte das variáveis necessárias para que a avaliação econômica de projetos seja possível. De forma mais direta, o módulo de avaliação econômica interagirá diretamente com o módulo de custos rodoviários e o módulo de planejamento. Na seção em que será apresentada a metodologia, será também descrita de que forma os referidos módulos contribuirão para a avaliação econômica a partir do fornecimento das variáveis necessárias para tal.

A proposta original para o modulo de avaliação econômica de projetos para o SISLOG 3 compreende duas etapas complementares, a avaliação econômica tradicional e a análise multicriterial. O presente estudo concentrou-se no desenvolvimento da primeira etapa, contemplando apenas a avaliação econômica tradicional, através da análise custo benefício e a hierarquização de alternativas através da consideração de um único critério.

O desenvolvimento dos módulos citados, inclusive o de avaliação econômica se encontram em fase de concepção e, portanto, ainda não estão implementados no *software*. Isso implica que as variáveis para a mensuração dos benefícios, necessárias para a demonstração do funcionamento da metodologia ora proposta, não poderão ser obtidas diretamente do SISLOG 3. Sendo assim, será utilizado um software no qual a metodologia de

custos rodoviários e de avaliação econômica a ser implantada no SISLOG 3 se baseia, o HDM-4, assunto da próxima seção.

## 3.2 Utilização do HDM 4

O HDM - *Highway Design and Management Model*, foi criado em 1976, pelo Banco Mundial. De ampla utilização em todo o mundo, tem sido aperfeiçoado ao longo dos anos, sendo sua mais recente versão o HDM-4, usado no Brasil não só no âmbito federal, mas também ao nível estadual, no planejamento e gerenciamento de intervenções na rede rodoviária.

O HDM é um modelo que simula condições físicas e econômicas de rodovias durante o período de análise, normalmente um ciclo de vida, para uma série de alternativas e cenários especificados pelo usuário. O modelo é projetado para fazer estimativas de custo e avaliações econômicas de diferentes opções de construção e manutenção, incluindo diferentes alternativas de estágios de tempo, tanto para o projeto de uma rodovia conhecida em um alinhamento específico, como para grupos de conexões em uma rede inteira.

A avaliação econômica de projetos, do ponto de vista do setor público tem sido realizada, frequentemente, com o uso do HDM tanto na obtenção de dados como na própria produção dos indicadores de avaliação econômica. Neste sentido, é importante avaliar o módulo de viabilidade de projetos rodoviários do referido software no intuito de encontrar contribuições para a proposição da metodologia a ser implantada no SISLOG 3. Além disso, o HDM – 4 será utilizado neste estudo, especificamente como fonte de dados para a realização da aplicação da metodologia proposta. As descrições posteriores são provenientes do manual do HDM-4.

A análise de projetos do HDM-4 abrange os aspectos de viabilidade técnica, financeira e econômica das alternativas de projeto especificadas pela comparação ao caso-base, ou seja, a alternativa de não realizar o projeto.

Para a realização da análise, é necessário considerar os custos do ciclo de vida do pavimento; sua previsão de deterioração; a apreciação dos custos rodoviários ao usuário (custos de operação dos veículos, de tempo de viagem e de acidentes); a modelagem das consequências dos trabalhos, bem como de seus custos à administração rodoviária e o cálculo dos benefícios econômicos e financeiros. O objetivo é determinar qual o projeto com maior eficiência, dado seus custos e benefícios.

A análise de projetos está associada às alternativas de manutenção das rodovias existentes, de melhoria das estradas existentes, novas construções, fase de obras e avaliação de projetos passados.

A Figura 3 ilustra as relações entre alternativas de projetos, seções, padrões e as obras constituintes de um projeto particular.

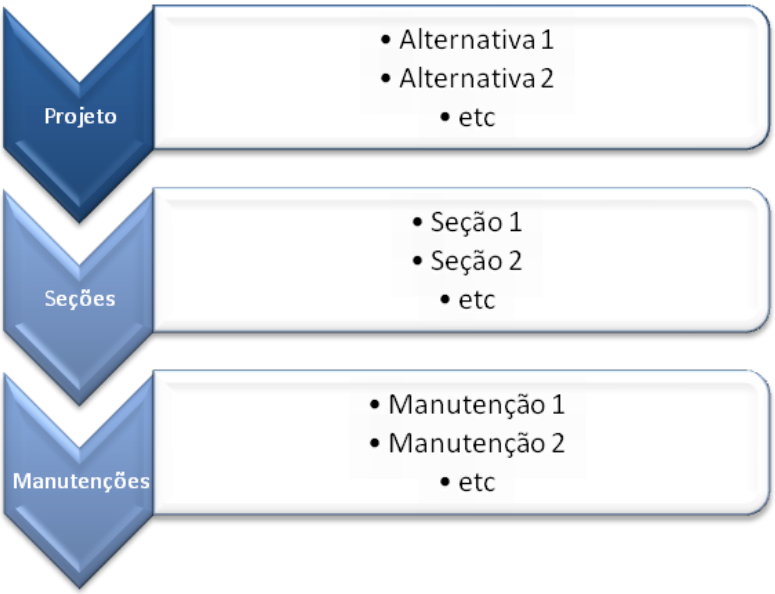



Figura 3. Relações entre alternativas de projetos, de seções, padrões e operações.

Os procedimentos para a análise de projeto podem ser resumidos, como segue:

1. Criação do projeto, dando-lhe um título, especificando a rede rodoviária que será analisada e a frota de veículos correspondente.
2. Definição do projeto a partir de seus aspectos seguintes:
    a. Informações gerais;
    b. Seções rodoviárias a serem analisadas;
    c. Frota de veículos-tipo correspondente a cada seção;
    d. Características de tráfego de acordo com sua respectiva seção;
    e. Alternativas a serem analisadas, com relação às *seções* e aos *projetos* possíveis.
3. Configuração dos parâmetros de execução da análise: quais comparações serão feitas, taxa de desconto, opções quanto ao modelo de vida dos veículos-tipo (depreciação linear ou exponencial), análise da segurança das rodovias, das emissões e do balanço energético.

4. Opcionalmente, ainda é possível fazer a análise de sensibilidade, a partir da variação dos valores dos parâmetros dos dados de entrada

O usuário do HDM pode especificar os modelos técnicos que serão utilizados. Se a análise econômica for realizada, os seguintes parâmetros serão necessários na definição do estudo:

- Caso-base das alternativas de projeto
- Taxa de desconto, em termos percentuais;
- Análise de acidentes rodoviários - incluindo ou não os custos que serão despendidos, além das unidades de referências dos custos para acidentes fatais, com feridos, de danos materiais – ou simplesmente quanto ao total de acidentes.
- Análise de balanço energético
- Emissões veiculares
- Efeitos de aceleração

No que se refere aos métodos de referência para a análise, o HDM-4 permite que a avaliação seja feita por projeto ou por seção. A análise por seção consiste na análise individual de cada seção da rodovia que compõe o projeto. Nesta situação, uma alternativa é definida como “caso-base” e será utilizada em comparação contra as outras possibilidades que o usuário do HDM definirá.

A análise por projeto considera os resultados de todo o conjunto de alternativas de seções como unidade para a consideração na análise de desempenho econômico. Para tanto, inicialmente são considerados os custos e os benefícios resultantes de cada projeto para cada seção. Os resultados são apresentados anualmente. Assim, os mesmos indicadores econômicos são calculados, sempre pra cada alternativa de projeto, que serão comparadas ao caso-base.

Os resultados das análises que serão realizadas no HDM-4 são a deterioração do pavimento ao longo dos anos de vida do projeto, efeitos sobre os usuários incluindo os tempos de viagem, velocidade média e custo operacional dos veículos, e efeitos sobre o meio-ambiente a partir das emissões de gases, gasto energético.

Quanto à deterioração, este grupo inclui os seguintes tipos de relatórios: duração das obras, condição do pavimento no tempo, conservação do pavimento, mudanças na superfície da rodovia durante o período de análise, dados de tráfego (valor anual diário médio, eixos dos veículos, carga equivalente por eixo-padrão), trabalhos de manutenção e relatórios síntese sobre a deterioração.

Dos resultados citados, são importantes para o estudo em questão os custos operacionais anuais dos veículos, os tempos de viagem e seus custos, os custos de acidentes e as emissões de poluentes, ambos para o horizonte de vida do projeto. Tais dados serão utilizados direta ou indiretamente no fluxo de caixa econômico a ser sugerido a partir da metodologia proposta.

A seção seguinte trata da metodologia escolhida para a avaliação de projetos, bem como suas justificativas e explicações pertinentes.

## 3.3 Proposição da metodologia

Com base na revisão dos principais métodos de avaliação econômica de projetos bem como no módulo de viabilidade do HDM-4, a presente seção tem a intenção de apresentar a proposta de metodologia de avaliação econômica de projetos de transporte a ser incorporada pelo SISLOG.

A proposta de avaliação econômica consiste em refletir a tradição em análise econômica de projetos, a partir da utilização da análise custo benefício. Um resumo da proposta metodológica pode ser observado a partir do fluxograma da Figura 4.

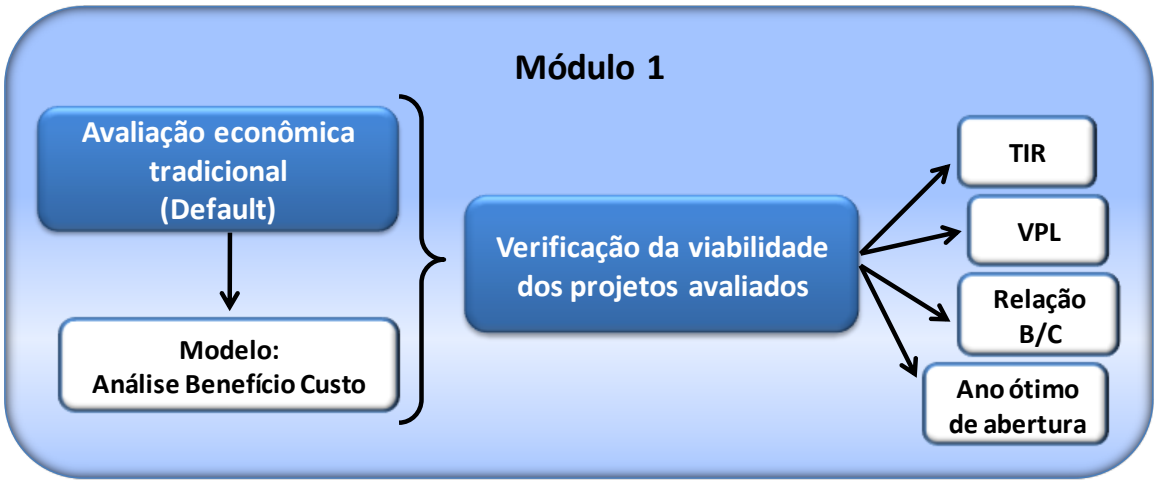



Figura 4. Resumo da metodologia de avaliação de projetos

A proposição deste módulo pode ser descrita como segue.

- Mensuração de custos e benefícios quantificáveis monetariamente;
- Composição do fluxo de caixa;
- Cálculo dos indicadores econômicos:
  - TIR;
  - VPL;
  - Relação B/C;
  - Ano ótimo de abertura.

A escolha da ACB se deu em função de sua ampla utilização na análise de projetos em infraestrutura de transportes observada a partir do estudo de artigos inerentes ao assunto, bem como por sua simplicidade analítica. Esse modelo pode ser usado tanto para a comparação entre projetos analisados como para a avaliação de um único projeto em separado. Como já mencionado, a ACB, através dos cálculos dos indicadores econômicos, permitirá atestar a viabilidade dos projetos analisados.

A preferência pelos indicadores citados se deu em função dos argumentos expostos na Seção 2.2.4. A TIR é um indicador absoluto, que permite a comparação entre projetos, mesmo com vidas úteis diferentes, de forma simples e fácil. O VPL, embora mais restrito que a TIR, em função de permitir somente a comparação entre projetos de vidas semelhantes, é bastante utilizado nas análises econômicas e financeiras, por isso sua inserção na metodologia proposta. Já a Relação B/C compõe a proposta porque é uma forma simples de avaliar em que amplitude os objetivos do governo serão alcançados, no que se refere à promoção de benefícios à sociedade num montante superior ao valor investido na obra pública. Por fim, o ano ótimo de abertura é importante porque permite avaliar o melhor momento de realizar o investimento no intuito de poupar recursos e evitar, ao máximo, a perda dos benefícios à sociedade.

Apresentada, em termos gerais, a metodologia proposta, cabem as considerações a respeito das variáveis que comporão o fluxo de caixa. Isto é, quais os custos e benefícios considerados, bem como sua forma de mensuração.

### 3.3.1 A mensuração dos custos

Como descrito na Seção 2.2.3, os custos considerados pela maioria das avaliações econômicas e que, portanto, serão considerados na metodologia proposta consistem nos seguintes:

- Custos de construção: referem-se a todos os dispêndios diretos incorridos em virtude da construção da via;
- Custos com questões ambientais: são custos de construção, mas devido a sua importância são mensurados separadamente. Dizem respeito a custos com compensação ambiental, em função do desmatamento causado pela construção da via, interferência em cursos de água, entre outros.

- Custos com desapropriações: também são custos de construção, mas merecem distinção em função do cunho social que representam. Referem-se aos custos com desapropriação de imóveis residênciais, comerciais, industriais e áreas agricultáveis, alem dos dispêndios com reassentamento;
- Custos com manutenções: são os custos que ocorrem ao longo da vida útil do projeto. Dizem respeito a manutenções periódicas como: recapeamento e de rotina como tapa buracos, manutenção da sinalização, entre outros.
- Valor residual do projeto: é o valor correspondente a estrutura que pode ser reaproveitada ao final da vida útil do projeto.

No SISLOG, os custos serão dados de entrada, isto é, são informações que o usuário deverá inserir no sistema. Essas variáveis são obtidas a partir dos estudos técnicos dos projetos e dos relatórios de impactos ambientais. Cabe ressaltar que os custos devem estar em sua forma econômica, isto é, deduzidos de impostos e subsídios.

A mensuração dos custos é bastante simples. A contrapartida dos custos na avaliação econômica são os benefícios econômicos, assunto da próxima seção.

### 3.3.2 A mensuração dos benefícios

Assim como os custos, os benefícios comumente considerados em avaliações econômicas de projetos foram descritos na Seção 2.2.3. Entretanto, na presente proposta serão agregados mais alguns benefícios, buscando privilegiar além da ótica da sociedade, a ótica do governo enquanto investidor. A Figura 5 apresenta os benefícios considerados pela metodologia proposta.

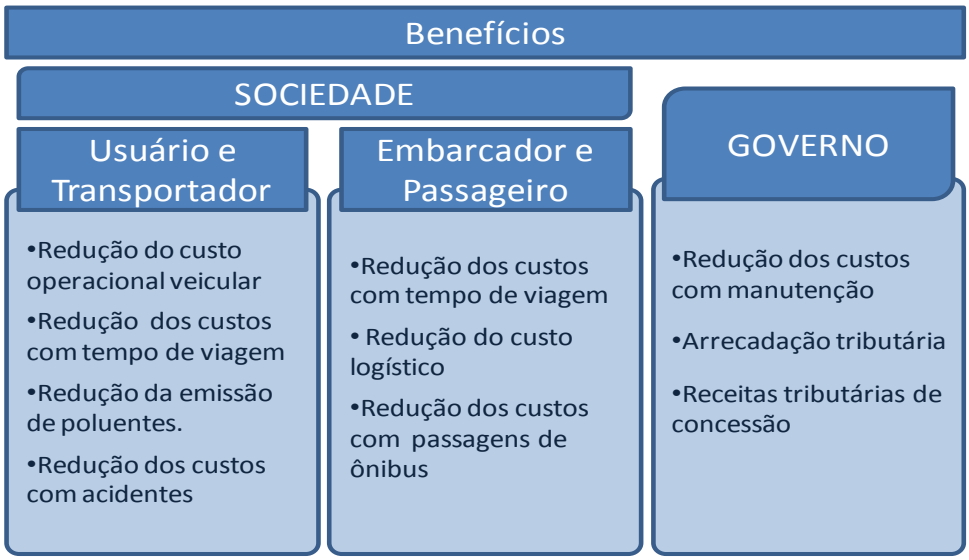



Figura 5. Benefícios econômicos considerados de acordo com as diferentes óticas

O cálculo dos benefícios é feito através da comparação dos cenários com e sem o projeto, isto é, através da comparação das alternativas estudadas com o caso base. Alguns custos poderão ser obtidos em termos monetários diretamente do SISLOG 3 a partir da interação com os outros módulos que o compõem. Por exemplo:

- **Redução dos custos operacionais dos veículos:** no SISLOG 3, o módulo de custos rodoviários implementará o custo operacional para cada trecho rodoviário e por tipo de veículo. A diferença entre os valores dos custos operacionais dos veículos nos cenários com e sem projeto é o montante de benefícios referentes à redução de custos operacionais gerado pelo projeto analisado. Para que o custo operacional dos veículos agregado seja calculado, são necessários os dados de contagem de tráfego a partir do VMDA, do custo operacional de cada tipo de veículo que compõem a frota composto por gastos com: combustível, óleos lubrificantes, pneus, lavagens, salário da tripulação e do motorista (para veículos de transporte de carga e passageiros). A soma dos custos operacionais de todos os veículos multiplicada pelo VMDA e pelo número de dias de um ano resulta no custo operacional veicular anual. Esse procedimento deve ser repetido para cada ano de vida do projeto.
- **Redução do tempo de viagem:** o módulo de custos rodoviários do *software* permitirá o cálculo dessa variável, estimando-se o número de pessoas a trabalho que utilizam a rodovia bem como o custo do tempo dessas pessoas. Essas estimativas multiplicadas pelo tempo médio de viagem observado a partir da velocidade média e da extensão do trecho permitem a aferição dos custos com tempo de viagem.

- **Redução dos custos com acidentes:** informados ao sistema o número de acidentes com e sem o projeto bem como os custos das diferentes classificações de acidentes, será calculada a diferença entre os custos com essa variável. Os acidentes podem ser classificados em fatais, com vítimas (feridos) e com danos materiais.
- **Custo logístico:** a partir do SISLOG já é possível calcular os custos envolvidos numa operação logística, dessa forma será possível obter os custos logísticos previstos com a utilização da estrutura prevista pelo projeto. No custo logístico estão incluídos os custos com armazenagem e transbordo de carga, pedágios, seguros, estoque em trânsito e preço do frete.

Existem variáveis que não serão dados de entrada nem serão fornecidos em termos monetários pelo SISLOG e, portanto, necessitam de adequações para que possam ser incorporados à ACB, são elas: a redução da emissão de poluentes e a arrecadação tributária.

No que se refere à redução da emissão de poluentes, inserida a frota e o fluxo de veículos, o SISLOG estará preparado para retornar a quantidade, em toneladas, das emissões de poluentes. Entretanto, sua mensuração em termos monetários precisa de um tratamento posterior. A forma mais usual de fazer essa transformação é a utilização do valor da cotação do carbono negociado em bolsa multiplicado pelos níveis de carbono equivalente emitidos na atmosfera.

O conceito carbono equivalente diz respeito à transformação dos poluentes emitidos pelos veículos a uma base comum, qual seja, o carbono que, como já mencionado, possui um valor monetário.

De acordo com Signorini (2007), para calcular o carbono equivalente é necessário saber o poder destrutivo das moléculas de cada gás do efeito estufa. Este conceito é conhecido como Potencial de Dano Global (*Global Warming Potential – GWP*). O GWP de cada gás indica o quanto um gás aumenta o efeito estufa em 100 anos comparado com a mesma quantidade de $CO_2$ emitida ao mesmo tempo (SIGNORINI, 2007). Por definição, 1Kg de $CO_2$ vale 0,273Kg de carbono equivalente, já que considera apenas a massa das moléculas de carbono em um quilo de dióxido de carbono.

Algumas fontes divulgam tabelas de conversão de outros gases poluentes em termos carbono equivalentes, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4. Transformação dos gases em carbono equivalentes

| Gás | GWP em 100 anos | Carbono equivalente |
|---|---|---|
| Gás carbônico ($CO_2$) | 1 | 0,273 |
| Metano ($CH_4$) | 25 | 6,82 |
| Óxido nitroso ($N_2O$) | 298 | 81,3 |
| Perfluorcarbonos ($C_nF_{2n+2}$) | 7.400 a 12.200 | 2.015 a 3.330 |
| Hidrofluorcarbono ($C_nH_mF_p$ | 120 a 14.800 | 34 a 4.040 |
| Hexafluoreto de enxofre ($SF_6$) | 22.800 | 6.220 |

Fonte: Jancovici, 2007

Chegando-se a esse denominador comum e possuindo-se a cotação do carbono é fácil mensurar a emissão de poluentes em termos monetários. Nos projetos avaliados a partir da presente metodologia, serão considerados apenas as emissões de gás carbônico ($CO_2$) e óxido nitroso ($N_2O$), por permitirem sua conversão direta no fator carbono equivalente, como consta na Tabela 4. Para chegar-se ao benefício da realização do projeto em termos de redução de emissão de poluentes, é necessário comparar as emissões previstas para o caso base e para o projeto em análise. Detectada a efetiva redução de emissão de poluentes, esse montante deve ser transformado em termos monetários através da multiplicação pelo valor da negociação de créditos de carbono em bolsa de valores.

No que se refere aos créditos de carbono, é importante salientar que os mesmos são emitidos quando observada a redução da emissão de poluentes. Por isso, ao contrário das demais variáveis, a mensuração monetária das emissões de poluentes se dá somente após comprovada a sua efetiva redução.

Quanto à arrecadação tributária gerada pelo uso da rodovia, por sua vez, pode ser calculada da forma como segue:

$$T = \left[\left(\%tributos \times CT_{frete}\right) + \left(\%tributos \times CT_{passagem}\right)\right] + \\ +\left(CO_{financeiro\ total} - CO_{econômico\ total}\right)$$

Onde:

$T$ – arrecadação tributária

$\%tributos$ – percentual referente a tributos

$CT_{frete}$ – Custos totais com Fretes

$CT_{passagem}$ – Custos totais com passagem de ônibus

$CO_{financeiro\ total}$ – Custo operacional financeiro total dos veículos

$CO_{econômico\ total}$ – Custo operacional econômico total dos veículos

Por fim, os benefícios com receitas tributárias de concessão e redução dos custos com manutenção precisarão ser informados pelo usuário.

A Figura 6 ilustra um resumo da proposta de metodologia de avaliação econômica de projetos.

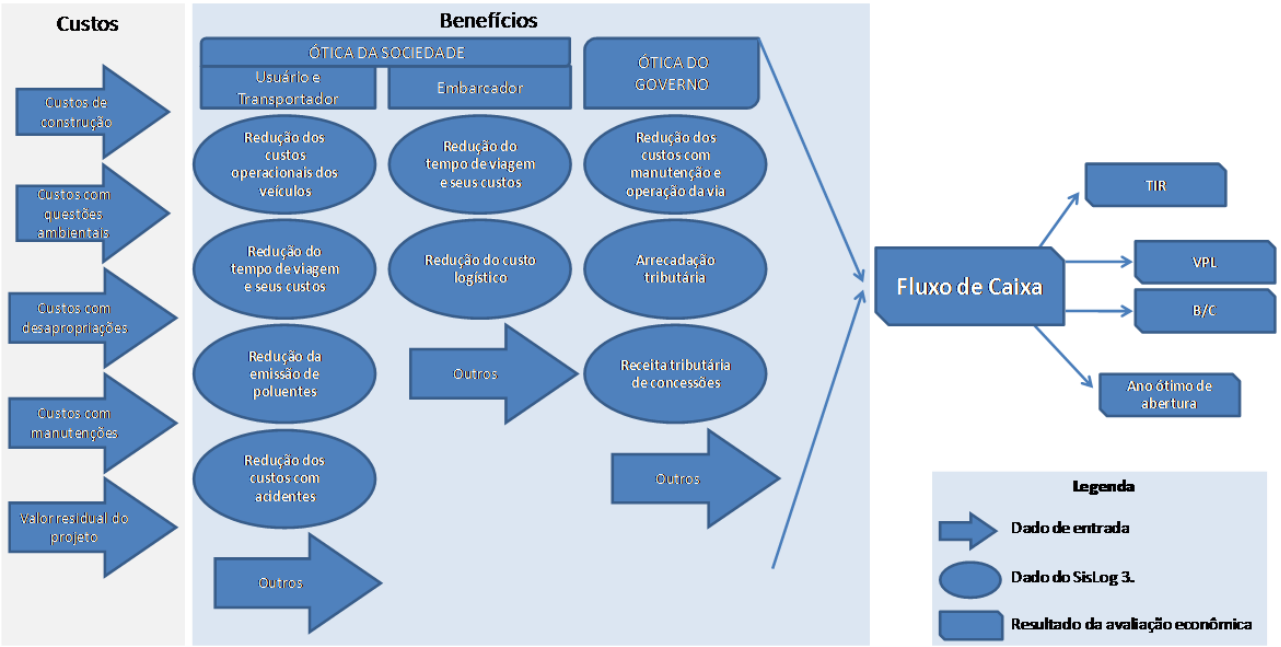



Figura 6. Fluxograma dos custos, benefícios e resultados da avaliação econômica de projetos

É preciso, ainda, mencionar que no fluxograma da Figura 6 constam outros benefícios como dados de entrada, uma vez que é importante que o módulo de avaliação de projetos seja flexível no sentido de que o usuário do SISLOG possa utilizar dados externos ao sistema (ao invés de usar os dados do próprio SISLOG).

Definida a formação do fluxo de caixa bem como quais os indicadores a serem calculados, resta estabelecer a forma de acordo com a qual serão hierarquizados os projetos, ou ainda, como serão definidas as prioridades.

### 3.3.3 A hierarquização e priorização de projetos

A hierarquização de projetos, intuitivamente, pode ser feita a partir da organização dos projetos em ordem decrescente dos valores de TIR, por exemplo. Entretanto, como se trata de uma avaliação econômica cujos benefícios considerados são apenas aqueles passíveis de mensuração monetária, os indicadores econômicos não revelam com exatidão qual a importância relativa dos projetos entre si.

Tendo em vista tal restrição, propõe-se que a metodologia de hierarquização de projetos se dê a partir da época ótima do investimento, tendo em vista uma dada restrição orçamentária. Como já explicado na Seção 2.2.4.4, a época ótima de investimento é o período no qual a diferença entre custos e benefícios, em decorrência do adiamento do projeto, é mínima ou nula. Adotando-se tal procedimento, os projetos cuja viabilidade foi atestada serão hierarquizados no tempo e não de acordo com uma escala de superioridade de indicadores econômicos. Embora os dados utilizados para calcular o ano ótimo de abertura sejam os mesmos que compõem os cálculos de TIR e VPL, a alocação dos recursos no tempo permite que, em algum momento, projetos que possuem indicadores absolutos de viabilidade (TIR e VPL, por exemplo) menores possam vir a ser implementados antes de projetos com indicadores superiores, em função, também, da restrição orçamentária imposta.

Após atestada a viabilidade dos projetos e feita a hierarquização das alternativas viáveis através do cálculo do ano ótimo de abertura, é, ainda, necessário priorizar os projetos que deverão ser implementados. Tal etapa ocorre somente quando são comparados projetos concorrentes.

A programação linear, através do método Simplex é a ferramenta a partir da qual será possível a definição de prioridades. Tendo em vista a restrição da disponibilidade de recursos, o problema consiste em maximizar o benefício líquido da sociedade. Dessa forma, o resultado deve ser a indicação do projeto ou da combinação de projetos que maximiza o benefício da sociedade tendo em vista a utilização ótima dos recursos.

A proposta de hierarquização e priorização de projetos encerra a apresentação da metodologia sugerida. Tendo em vista exemplificar a proposta metodológica bem como testar a efetiva operacionalidade da mesma, o próximo capítulo traz uma espécie de estudo piloto. No referido capítulo constará a descrição de todos os procedimentos adotados e ferramentas utilizadas na aplicação da metodologia proposta.

# 4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia apresentada será aplicada de forma parcial no estudo piloto a ser exposto posteriormente. Será parcial porque ainda não há meios de obter todos os dados de forma confiável, uma vez que os módulos citados ao longo do presente trabalho ainda estão em fase de implantação. Dessa forma, com o auxílio do HDM-4 o estudo piloto será composto, do lado dos benefícios, apenas daqueles inerentes ao usuário da via, já no que se refere aos custos, estarão incluídos os custos de construção de forma geral e os custos de manutenção.

## 4.1 Caracterização do estudo piloto

O estudo piloto consiste na análise de três trechos de uma mesma rodovia que necessitam de intervenções em sua infraestrutura. Os trechos são complementares, ou seja, devem ser implementadas melhorias em todos eles conjuntamente. Para cada trecho serão consideradas, além do caso base, três alternativas de investimentos concorrentes, o que quer dizer que a escolha de uma alternativa implica na eliminação das demais. Todas as alternativas possuem um horizonte de vida hipotético de 10 anos. A taxa de desconto adotada é a SELIC, atualmente no patamar de 8.75% a.a. (novembro de 2009).

A Tabela 5 apresenta a caracterização geral dos trechos, inserida no momento do seu cadastramento no HDM-4.

Tabela 5. Características principais dos trechos em que devem ser realizadas melhorias

| Seção | Classe de Acidentes | Tipo de via | Comprimento (km) | VMDA |
|---|---|---|---|---|
| Trecho 1 | Pista Simples | Primária | 40 | 1780 |
| Trecho 2 | Pista Simples | Primária | 15 | 1690 |
| Trecho 3 | Pista Simples | Primária | 50 | 2080 |

Os dados referentes à classe de acidentes e a composição da frota podem ser observados nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6. Características da frota utilizada para obtenção dos dados do HDM-4

| Name | Preço do veículo novo | Substituição de pneus | Preço do Combustível (por litro) | Preço do óleo lubrificante (por litro) | Hora de manutenção (por hora) | Salário da tripulação (por hora) | Despesas gerais anuais | Custo da hora do passageiro a trabalho | Custo da hora do passageiro não a trabalho | Seguro de carga | Crescimento de tráfego (annual) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Automóveis | 30.000 | 200 | 2,69 | 15,00 | 30,00 | 0,00 | 4.000 | 8,00 | 4,00 | 0,00 | 10% |
| Caminhões | 120.000 | 1.000 | 2,10 | 10,00 | 30,00 | 20,00 | 8.000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3% |
| Onibus | 200.000 | 1.200 | 2,10 | 10,00 | 20,00 | 18,00 | 10.000 | 6,00 | 3,00 | 0,00 | 1% |

Tabela 7. Classes e custos do acidentes utilizados para obtenção dos resultados do HDM-4

| Acidentes por 1000 veículos-quilômetro | | | |
|---|---|---|---|
| **Classe** | **Fatais** | **Com vítimas** | **Com danos materiais** |
| Pista Simples | 50 | 200 | 500 |
| Custo unitário | R$ 12.500,00 | R$ 7.500,00 | R$ 4.500,00 |

Fonte: Custos dos acidentes - IPEA, 2006

Quanto às características dos projetos analisados para cada trecho, bem como o caso base, as mesmas podem ser analisadas através das Figuras 7, 8 e 9.

| Trecho | Projeto | Ano | Melhoria | Manutenção |
|---|---|---|---|---|
| Trecho 1 | Caso base | 4 | - | Manutenção de Rotina |
| | | 8 | - | Manutenção de Rotina |
| | Projeto 1 | 1 | Adição de terceira faixa | - |
| | | 2 | - | Manutenção de Rotina |
| | Projeto 2 | 1 | Alargamento parcial de 1 metro | - |
| | | 2 | - | Manutenção de Rotina |
| | | 6 | Adição de terceira faixa | - |
| | Projeto 3 | 1 | Reconstrução da cobertura asfáltica | - |
| | | 3 | - | Manutenção de Rotina |

Figura 7. Quadro das características das alternativas de intervenção no Trecho 1

| Trecho | Projeto | Ano | Melhoria | Manutenção |
|---|---|---|---|---|
| Trecho 2 | Caso base | 4 | - | Manutenção de Rotina |
| | | 8 | - | Manutenção de Rotina |
| | Projeto 1 | 1 | Alargamento parcial de 1 metro | - |
| | | 2 | - | Manutenção de Rotina |
| | Projeto 2 | 1 | Adição de terceira faixa | - |
| | | 2 | - | Manutenção de Rotina |
| | Projeto 3 | 1 | Reconstrução da cobertura asfáltica | - |
| | | 3 | Adição de terceira faixa | - |

Figura 8. Quadro das características das alternativas de intervenção no Trecho 2

| Trecho | Projeto | Ano | Melhoria | Manutenção |
|---|---|---|---|---|
| Trecho 3 | Caso base | 4 | - | Manutenção de Rotina |
| | | 8 | - | Manutenção de Rotina |
| | Projeto 1 | 1 | Adição de terceira faixa | - |
| | | 2 | - | Manutenção de Rotina |
| | | 7 | - | Manutenção de rotina e recapeamento |
| | Projeto 2 | 1 | Duplicação | - |
| | | 3 | - | Manutenção de Rotina |
| | Projeto 3 | 1 | Adição de terceira faixa | - |
| | | 3 | - | Manutenção de Rotina |
| | | 5 | Duplicação | - |

Figura 9. Quadro das características das alternativas de intervenção no Trecho 3

Como salientado no capítulo anterior, os custos são dados de entrada. Para a realização do presente estudo piloto, foram utilizados os custos *default* do HDM-4 para as intervenções analisadas. A Tabela 8 mostra os custos considerados pelo HDM-4 para os diferentes tipos de intervenção.

Tabela 8. Custos das intervenções considerados pelo HDM-4

| Intervenção | Custo Econômico | Unidade | Tempo de duraçao da obra |
|---|---|---|---|
| Manutenção de rotina | R$ 20,00 | $m^2$ | - |
| Manutenção de rotina e recapeamento | R$ 24,00 | $m^2$ | - |
| Reconstrução de cobertura asfáltica | R$ 440,00 | $m^2$ | 1 ano |
| Alargamento parcial de 1 metro | R$ 34.000,00 | km | 2 anos |
| Adição de terceira faixa | R$ 102.000,00 | km | 2 anos |
| Duplicação | R$ 238.000,00 | km | 3 anos |

No que se refere aos custos, é importante salientar que na metodologia proposta sua abordagem consiste na inserção dos custos pertinentes a cada obra de forma direta, disponíveis nos estudos técnicos preliminares. Diferente do HDM-4, que traz uma média por quilômetro ou por metro quadrado dos custos por tipo de intervenção.

Inseridas as informações principais descritas acima, já é possível gerar os dados necessários para a realização da avaliação econômica dos projetos a partir do HDM - 4. Os demais detalhes a respeito de informações complementares exigidas pelo referido *software* bem como o formato dos relatórios que contém os dados utilizados no estudo podem ser observadas no Anexo.

## 4.2 A avaliação econômica dos projetos

A maioria dos dados fornecidos pelo HDM - 4 são obtidos já convertidos em termos monetários. Entretanto, as emissões de poluentes são fornecidas em toneladas. Dessa forma, antes de ser formado o fluxo de caixa, é necessário fazer a conversão dessa variável em moeda. Primeiro, é necessário converter as emissões a uma mesma unidade, em seguida é preciso calcular a redução da emissão de poluentes comparando-se os projetos ao caso base e, por fim, é feita a conversão em moeda através da multiplicação dos montantes de redução de emissões pelo valor da cotação dos créditos de carbono negociados em bolsa. Os detalhes a respeito desse processo podem ser analisados no Anexo.

Os custos que serão considerados no estudo piloto dizem respeito aos custos de construção e de manutenção. Já os benefícios que farão parte do fluxo de caixa referem-se à redução do custo operacional veicular, redução dos custos com tempo de viagem, redução dos custos com acidentes e redução da emissão de poluentes.

Estando todas as variáveis de todos os projetos mensuradas na mesma grandeza, qual seja, a ordem monetária, já é possível formar o fluxo de caixa.

### 4.2.1 A formação do fluxo de caixa

Como salientado, quando se trata de uma avaliação econômica, o fluxo de caixa dos projetos não se dá de forma direta, através da observação de receitas e despesas. Embora a mensuração dos custos seja bastante simplificada, a mensuração dos benefícios é obtida através da comparação de cada alternativa considerada para determinada intervenção com o caso base respectivo. O caso base representa a situação sem projeto. Através da diferença entre os custos do caso base em relação ao projeto é calculado o montante dos benefícios que poderão ser gerados a partir da implantação de determinado projeto.

A Tabela 9 mostra esse procedimento realizado para o Projeto 1 proposto para o Trecho 1.

Tabela 9. Cálculo dos benefícios do Projeto 1 do Trecho 1

| Trecho 1 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Caso Base | | | | Projeto 1 | | | Caso Base - Projeto 1 = Benefícios Projeto 1 | | | |
| Período | Custo Operacional | Tempo de Viagem | Acidentes | Custo Operacional | Tempo de Viagem | Acidentes | Custo Operacional | Tempo de Viagem | Acidentes | Total de Benefícios |
| 1 | R$ 23,88 | R$ 3,84 | R$ 1,13 | R$ 23,88 | R$ 3,84 | R$ 1,13 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 |
| 2 | R$ 25,68 | R$ 4,04 | R$ 1,23 | R$ 25,65 | R$ 4,03 | R$ 1,23 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 |
| 3 | R$ 27,68 | R$ 4,24 | R$ 1,34 | R$ 27,39 | R$ 4,83 | R$ 0,00 | R$ 0,29 | -R$ 0,58 | R$ 1,34 | R$ 1,05 |
| 4 | R$ 29,99 | R$ 4,47 | R$ 1,46 | R$ 29,51 | R$ 5,06 | R$ 0,00 | R$ 0,48 | -R$ 0,59 | R$ 1,46 | R$ 1,36 |
| 5 | R$ 32,57 | R$ 4,73 | R$ 1,60 | R$ 31,84 | R$ 5,31 | R$ 0,00 | R$ 0,73 | -R$ 0,58 | R$ 1,60 | R$ 1,74 |
| 6 | R$ 35,38 | R$ 5,01 | R$ 1,74 | R$ 34,39 | R$ 5,59 | R$ 0,00 | R$ 0,99 | -R$ 0,58 | R$ 1,74 | R$ 2,15 |
| 7 | R$ 38,43 | R$ 5,33 | R$ 1,90 | R$ 37,21 | R$ 5,89 | R$ 0,00 | R$ 1,22 | -R$ 0,56 | R$ 1,90 | R$ 2,56 |
| 8 | R$ 41,75 | R$ 5,70 | R$ 2,08 | R$ 40,39 | R$ 6,22 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,53 | R$ 2,08 | R$ 2,91 |
| 9 | R$ 45,34 | R$ 6,12 | R$ 2,27 | R$ 43,96 | R$ 6,59 | R$ 0,00 | R$ 1,39 | -R$ 0,47 | R$ 2,27 | R$ 3,19 |
| 10 | R$ 49,27 | R$ 6,61 | R$ 2,48 | R$ 47,91 | R$ 6,99 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,38 | R$ 2,48 | R$ 3,46 |

Tal procedimento é repetido para todos os projetos de todos os trechos (vide Anexo B). Nesse processo não estão incluídas as emissões de poluentes, que são calculadas separadamente, como já salientado. A partir da comparação entre o caso base e os demais projetos considerados para os trechos estudados proporcionando a mensuração dos benefícios para cada projeto, é possível, por fim, formar o fluxo de caixa. A Tabela 10 apresenta o fluxo de caixa para o Projeto 1 do trecho 1.

Tabela 10. Fluxo de caixa do Projeto 1 do Trecho 1

| Projeto 1 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Custos | | | Benefícios da Sociedade (R$ milhões) | | | | | |
| Periodo | Construção | Manutenção | Total Custos | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Emissões | Soma Benefícios | Benefícios - Custos |
| 1 | -R$ 2,04 | R$ 0,00 | -R$ 2,04 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 2,04 |
| 2 | -R$ 2,04 | -R$ 1,79 | -R$ 3,83 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 3,83 |
| 3 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,29 | -R$ 0,58 | R$ 1,34 | R$ 0,0002 | R$ 1,05 | R$ 1,05 |
| 4 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,48 | -R$ 0,59 | R$ 1,46 | R$ 0,0002 | R$ 1,36 | R$ 1,36 |
| 5 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,73 | -R$ 0,58 | R$ 1,60 | R$ 0,0002 | R$ 1,74 | R$ 1,74 |
| 6 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,99 | -R$ 0,58 | R$ 1,74 | R$ 0,0002 | R$ 2,15 | R$ 2,15 |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,22 | -R$ 0,56 | R$ 1,90 | R$ 0,0002 | R$ 2,56 | R$ 2,56 |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,53 | R$ 2,08 | R$ 0,0002 | R$ 2,91 | R$ 2,91 |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,39 | -R$ 0,47 | R$ 2,27 | R$ 0,0002 | R$ 3,19 | R$ 3,19 |
| 10 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,38 | R$ 2,48 | R$ 0,0001 | R$ 3,46 | R$ 3,46 |

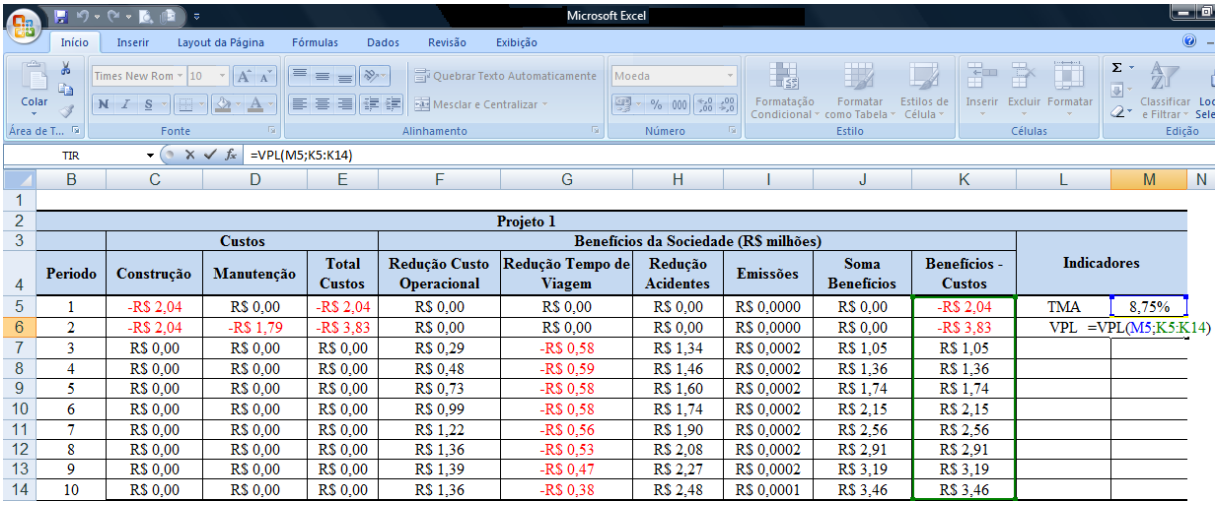
Os resultados obtidos na formação do fluxo de caixa merecem alguns comentários, notadamente no que se refere ao benefício de redução de tempo de viagem. Como pode ser observado a partir da Tabela 10, os resultados na comparação entre o Projeto 1 do Trecho 1 com o caso base são negativos. Nos casos criados para a aplicação da metodologia, mesmo que tenham sido realizadas melhorias na via, comprovadas pela redução dos custos operacionais dos veículos, o tempo de viagem aumenta em função da redução da velocidade média de percurso do trecho em virtude da implementação da obra que pode ocorrer devido a um fluxo de tráfego mais intenso, por exemplo. Porém, cabe ressaltar que os dados são provenientes do HDM-4 e não foi detectado o porquê do aumento da velocidade média do trecho, é provável que tenha ocorrido algum erro de especificação no momento da calibração do modelo. A maioria dos fluxos de caixa apresentou essa característica, maiores detalhes podem ser visualizados no Anexo B.

O passo que sucede a formação do fluxo de caixa é o cálculo dos indicadores econômicos, assunto da próxima seção.

### 4.2.2 Cálculo dos indicadores de viabilidade

O cálculo dos indicadores de viabilidade econômica foi realizado com o auxílio do software Excel®2007. Sendo assim, os procedimentos realizados para os cálculos serão demonstrados a partir das imagens das planilhas.

A forma usual de cálculo do VPL está devidamente descrita na Seção 2.2.4. Entretanto, tendo em vista a funcionalidade das planilhas eletrônicas que permitem o cálculo dos principais indicadores de viabilidade de maneira direta, optou-se por esse procedimento. A Figura 10 ilustra o fluxo de caixa do projeto 1 do trecho 1 e destaca o cálculo do VPL a partir da coluna que representa o fluxo de entradas e saídas, descontados à TMA.

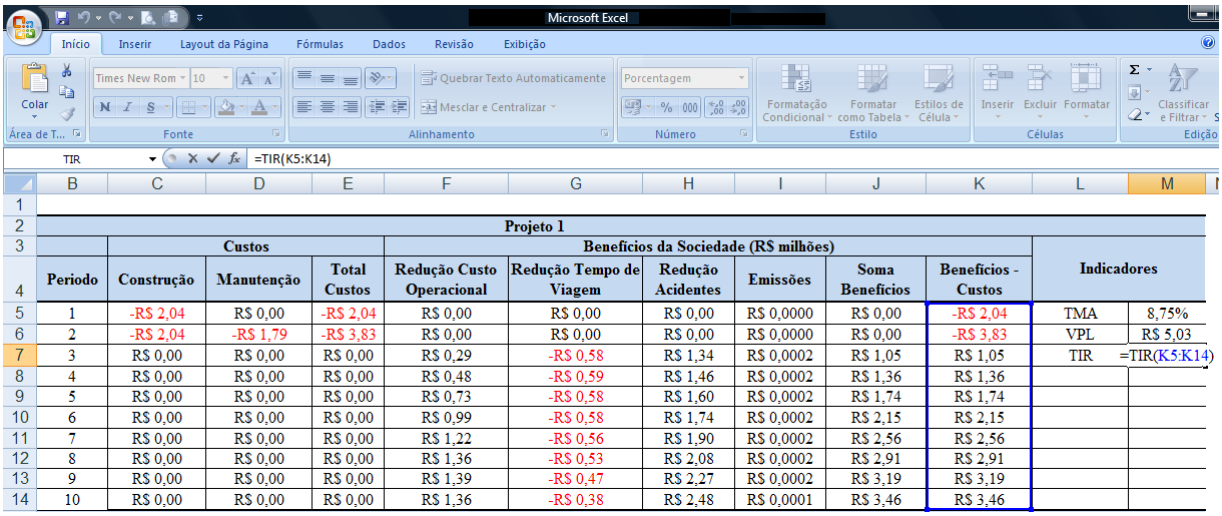


TIR =VPL(M5;K5:K14)

| | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Projeto 1 | | | | | | | | | | | |
| 3 | | Custos | | | Benefícios da Sociedade (R$ milhões) | | | | | | Indicadores | |
| 4 | Periodo | Construção | Manutenção | Total Custos | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Emissões | Soma Benefícios | Benefícios - Custos | | |
| 5 | 1 | -R$ 2,04 | R$ 0,00 | -R$ 2,04 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 2,04 | TMA | 8,75% |
| 6 | 2 | -R$ 2,04 | -R$ 1,79 | -R$ 3,83 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 3,83 | VPL | =VPL(M5;K5:K14) |
| 7 | 3 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,29 | -R$ 0,58 | R$ 1,34 | R$ 0,0002 | R$ 1,05 | R$ 1,05 | | |
| 8 | 4 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,48 | -R$ 0,59 | R$ 1,46 | R$ 0,0002 | R$ 1,36 | R$ 1,36 | | |
| 9 | 5 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,73 | -R$ 0,58 | R$ 1,60 | R$ 0,0002 | R$ 1,74 | R$ 1,74 | | |
| 10 | 6 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,99 | -R$ 0,58 | R$ 1,74 | R$ 0,0002 | R$ 2,15 | R$ 2,15 | | |
| 11 | 7 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,22 | -R$ 0,56 | R$ 1,90 | R$ 0,0002 | R$ 2,56 | R$ 2,56 | | |
| 12 | 8 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,53 | R$ 2,08 | R$ 0,0002 | R$ 2,91 | R$ 2,91 | | |
| 13 | 9 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,39 | -R$ 0,47 | R$ 2,27 | R$ 0,0002 | R$ 3,19 | R$ 3,19 | | |
| 14 | 10 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,38 | R$ 2,48 | R$ 0,0001 | R$ 3,46 | R$ 3,46 | | |

Figura 10. Cálculo do VPL a partir da fórmula disponível no Excel®2007.

O cálculo da TIR a partir da planilha eletrônica também se dá de forma direta, através da formulação disponível, como destaca a Figura 11.

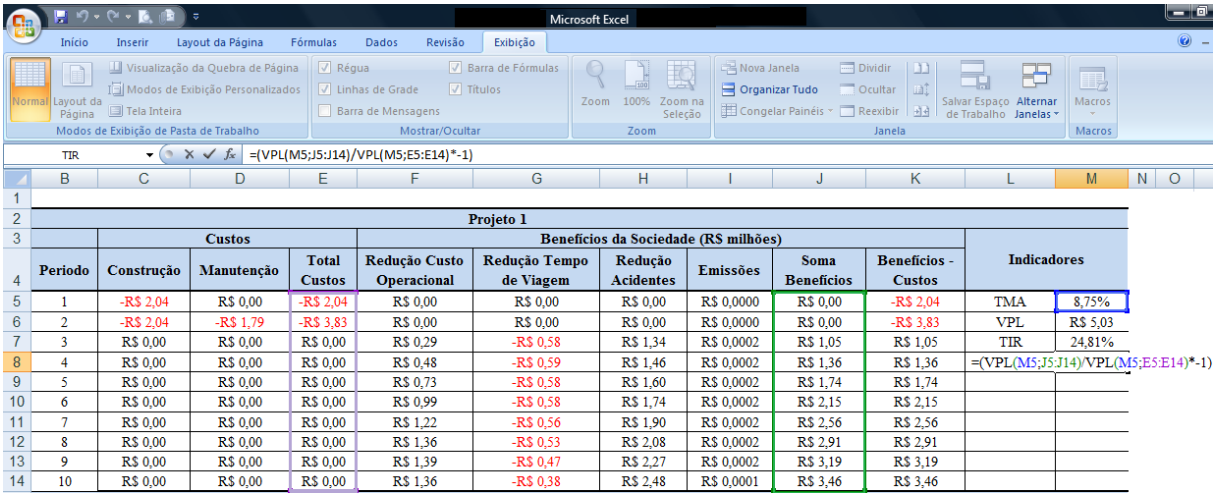


TIR =TIR(K5:K14)

| | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Projeto 1 | | | | | | | | | | | |
| 3 | | Custos | | | Benefícios da Sociedade (R$ milhões) | | | | | | Indicadores | |
| 4 | Periodo | Construção | Manutenção | Total Custos | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Emissões | Soma Benefícios | Benefícios - Custos | | |
| 5 | 1 | -R$ 2,04 | R$ 0,00 | -R$ 2,04 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 2,04 | TMA | 8,75% |
| 6 | 2 | -R$ 2,04 | -R$ 1,79 | -R$ 3,83 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 3,83 | VPL | R$ 5,03 |
| 7 | 3 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,29 | -R$ 0,58 | R$ 1,34 | R$ 0,0002 | R$ 1,05 | R$ 1,05 | TIR | =TIR(K5:K14) |
| 8 | 4 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,48 | -R$ 0,59 | R$ 1,46 | R$ 0,0002 | R$ 1,36 | R$ 1,36 | | |
| 9 | 5 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,73 | -R$ 0,58 | R$ 1,60 | R$ 0,0002 | R$ 1,74 | R$ 1,74 | | |
| 10 | 6 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,99 | -R$ 0,58 | R$ 1,74 | R$ 0,0002 | R$ 2,15 | R$ 2,15 | | |
| 11 | 7 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,22 | -R$ 0,56 | R$ 1,90 | R$ 0,0002 | R$ 2,56 | R$ 2,56 | | |
| 12 | 8 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,53 | R$ 2,08 | R$ 0,0002 | R$ 2,91 | R$ 2,91 | | |
| 13 | 9 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,39 | -R$ 0,47 | R$ 2,27 | R$ 0,0002 | R$ 3,19 | R$ 3,19 | | |
| 14 | 10 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,38 | R$ 2,48 | R$ 0,0001 | R$ 3,46 | R$ 3,46 | | |

Figura 11. Cálculo da TIR a partir da fórmula disponível no Excel®2007.

Já o cálculo da relação B/C não se dá se forma direta. É necessário realizar uma composição de fórmulas que seja possível calcular o referido indicador com precisão. A Figura 12 mostra a forma de obtenção da relação B/C.



| Projeto 1 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Custos | | | Benefícios da Sociedade (R$ milhões) | | | | | | Indicadores | |
| Periodo | Construção | Manutenção | Total Custos | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Emissões | Soma Benefícios | Benefícios - Custos | | |
| 1 | -R$ 2,04 | R$ 0,00 | -R$ 2,04 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 2,04 | TMA | 8,75% |
| 2 | -R$ 2,04 | -R$ 1,79 | -R$ 3,83 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 3,83 | VPL | R$ 5,03 |
| 3 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,29 | -R$ 0,58 | R$ 1,34 | R$ 0,0002 | R$ 1,05 | R$ 1,05 | TIR | 24,81% |
| 4 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,48 | -R$ 0,59 | R$ 1,46 | R$ 0,0002 | R$ 1,36 | R$ 1,36 | =(VPL(M5;J5:J14)/VPL(M5;E5:E14)*-1) | |
| 5 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,73 | -R$ 0,58 | R$ 1,60 | R$ 0,0002 | R$ 1,74 | R$ 1,74 | | |
| 6 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,99 | -R$ 0,58 | R$ 1,74 | R$ 0,0002 | R$ 2,15 | R$ 2,15 | | |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,22 | -R$ 0,56 | R$ 1,90 | R$ 0,0002 | R$ 2,56 | R$ 2,56 | | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,53 | R$ 2,08 | R$ 0,0002 | R$ 2,91 | R$ 2,91 | | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,39 | -R$ 0,47 | R$ 2,27 | R$ 0,0002 | R$ 3,19 | R$ 3,19 | | |
| 10 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,38 | R$ 2,48 | R$ 0,0001 | R$ 3,46 | R$ 3,46 | | |

Figura 12. Cálculo da relação B/C a partir do Excel®2007.

Como pôde ser observado, o cálculo dos indicadores de viabilidade se dá de forma bastante simples, atividade que se torna ainda mais eficiente com o auxílio de ferramentas como o Excel®2007.

Com o intuito de atestar a viabilidade das alternativas bem como permitir a comparação entre os projetos, foram calculados os indicadores de viabilidade para todas as alternativas. Os resultados podem ser analisados a partir da Tabela 11. Já as planilhas completas dos projetos podem ser visualizadas no Anexo B.

Tabela 11. Indicadores de viabilidade econômica dos projetos analisados para os diferentes trechos

| Resumo Indicadores de Viabilidade Econômica | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Trecho 1 | | | Trecho 2 | | | Trecho 3 | | |
| | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 |
| **VPL** | R$ 5,03 | R$ 0,72 | R$ 0,29 | -R$ 2,29 | R$ 1,71 | R$ 0,14 | R$ 5,69 | R$ 0,85 | R$ 2,25 |
| **TIR** | 24,81% | 11,66% | 10,30% | #NÚM! | 25,13% | 10,23% | 23,14% | 10,16% | 13,94% |
| **B/C** | R$ 1,98 | R$ 1,14 | R$ 1,09 | -R$ 1,25 | R$ 1,89 | R$ 1,09 | R$ 1,43 | R$ 1,07 | R$ 1,16 |

A metodologia proposta prevê que o cálculo do ano ótimo de abertura será feito somente para as alternativas cuja viabilidade econômica seja evidenciada pelo cálculo dos indicadores de viabilidade. A partir da Tabela 11 nota-se que o Projeto 1 do trecho 2 mostrou-se inviável. Sendo assim, o mesmo será eliminado das próximas etapas. Todos os demais projetos apresentaram indicadores suficientemente bons para justificarem sua presença nas próximas etapas do estudo piloto. Isto é, o VPL situa-se acima de zero, a TIR é superior a TMA e a relação B/C supera a unidade.

Exaurida essa etapa e eliminados os projetos considerados inviáveis, o próximo passo consiste na hierarquização dos projetos de acordo com o seu ano ótimo de abertura. Para que

pudesse ser determinada a época ótima de abertura de cada projeto, foi feita uma espécie de análise de sensibilidade, isto é, o cálculo foi realizado adiando-se o projeto em um a cinco anos.

A metodologia de cálculo obedece à literatura, conforme descrito na Seção 2.2.4.4. Isto é, são comparadas as reduções dos custos e dos benefícios ocorridas em função do adiamento do projeto. A Figura 13 ilustra o cálculo do ano ótimo de abertura para o Projeto 1 do Trecho 1, destacando a equação utilizada na barra de fórmulas do Excel 2007®.

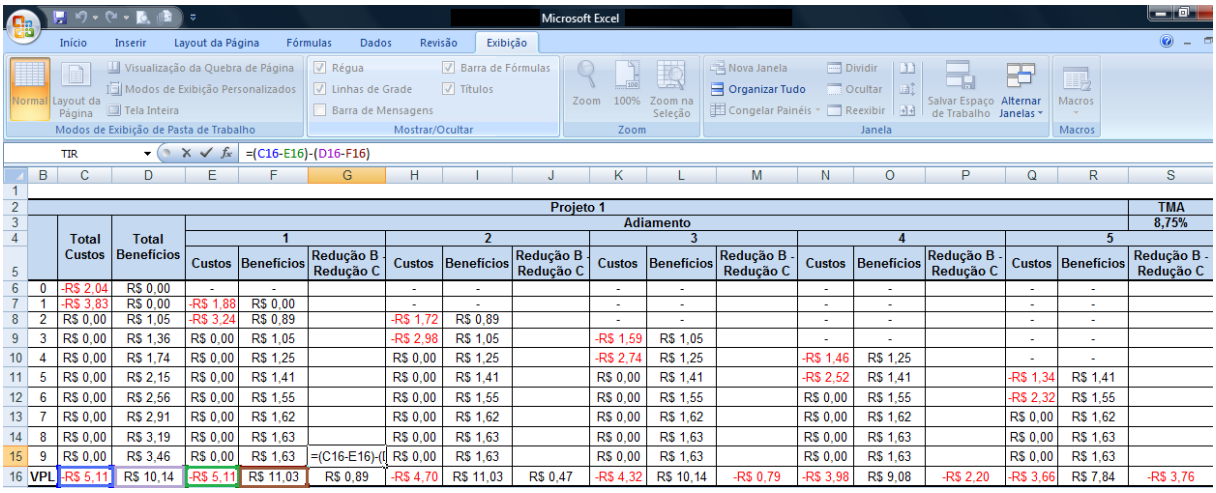



Figura 13. Cálculo do ano ótimo de abertura para o Projeto 1 do Trecho 1 com o auxílio do Excel®2007.

Assim como ocorreu com os demais indicadores, o ano ótimo de abertura foi calculado para todos os projetos de trechos em questão, para a situação de adiamento de até cinco anos, cujos resultados podem ser observados no Anexo C. A Tabela 13 apresenta os resultados obtidos e destaca os anos ótimos de abertura de cada projeto.

Tabela 12. Resumo dos anos ótimos de abertura dos projetos analisados

| Resumo - Ano ótimo de abertura | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Adiamento | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Trecho 1 | P1 | R$ 0,89 | **R$ 0,47** | -R$ 0,79 | -R$ 2,20 | -R$ 3,76 |
| | P2 | R$ 0,51 | R$ 0,51 | **R$ 0,09** | -R$ 1,04 | -R$ 2,34 |
| | P3 | **R$ 0,32** | R$ 0,32 | -R$ 0,26 | -R$ 0,39 | -R$ 0,79 |
| Trecho 2 | P2 | R$ 0,32 | **R$ 0,23** | -R$ 0,48 | -R$ 1,06 | -R$ 1,66 |
| | P3 | **R$ 0,16** | R$ 0,16 | -R$ 0,10 | -R$ 0,21 | -R$ 0,32 |
| Trecho 3 | P1 | **R$ 1,66** | R$ 1,66 | -R$ 1,89 | -R$ 9,90 | -R$ 12,45 |
| | P2 | R$ 1,12 | **R$ 1,11** | -R$ 0,90 | -R$ 2,86 | -R$ 5,08 |
| | P3 | R$ 1,44 | **R$ 1,43** | -R$ 2,25 | -R$ 5,03 | -R$ 9,76 |

Encerrada essa etapa, tem-se todos os indicadores relevantes para finalizar a análise econômica de projetos, levando-se em consideração a metodologia proposta. Tendo em vista que os resultados dos indicadores calculados permitiram eliminar apenas um projeto, sendo que a intenção da análise é selecionar um projeto para cada trecho, é necessário passar para a fase de priorização de projetos.

### 4.2.3 Hierarquização de Prioridades

No problema proposto, quer-se encontrar o melhor projeto a ser implementado em cada trecho, entretanto os trechos são complementares, ou seja, não interessa que um projeto seja realizado no trecho 1 sem que o trecho 2 também seja melhorado. Sendo assim, não só é importante encontrar o melhor projeto para cada trecho, como a melhor combinação de projetos tendo em vista a disponibilidade de recursos escassa, privilegiando o alcance do maior grau de bem-estar social possível.

Essa situação necessita da utilização de técnicas de programação linear, uma vez que o intuito é encontrar uma combinação de projetos que esteja dentro da restrição orçamentária imposta e que maximize o bem-estar da sociedade. O indicador que representa o bem-estar social é o VPL, já que expressa os benefícios líquidos aferidos pela sociedade em virtude da implementação de determinada melhoria na infraestrutura de transportes.

É importante destacar que os valores de VPL utilizados para a realização da priorização foram recalculados de acordo com o ano ótimo de abertura, como mostra a Tabela 13.

Tabela 13 Demonstração do VPL antes e após o cálculo do ano ótimo de abertura

| Trecho | Projeto | VPL sem adiamento | Ano Ótimo de Abertura | VPL a partir do ano ótimo |
|---|---|---|---|---|
| Trecho 1 | P1 | $5,03 | 2 | $6,32 |
| | P2 | $0,72 | 3 | $2,38 |
| | P3 | $0,29 | 1 | $0,61 |
| Trecho 2 | P2 | $1,71 | 2 | $1,93 |
| | P3 | $0,14 | 1 | $0,61 |
| Trecho 2 | P1 | $5,69 | 1 | $7,35 |
| | P2 | $0,85 | 2 | $1,96 |
| | P3 | $2,25 | 2 | $3,69 |

Para auxiliar na resolução desse problema de programação linear, foi utilizado o aplicativo Solver do Excel®2007. É um aplicativo de uso bastante simples e que retorna, a partir da correta especificação do problema, rapidamente o resultado.

No que se refere ao orçamento, existe a disponibilidade de R$ 21 milhões para serem gastos em dez anos de forma que R$ 3 milhões sejam empregados até o ano dois, R$ 11 milhões sejam gastos do terceiro ao quinto ano e o R$ 7 milhões restantes sejam utilizados do sexto ao décimo ano. Para que fosse montada a equação da restrição tendo em vista o orçamento disponível para os conjuntos de anos delimitados, foram utilizados os dados de custos de cada projeto de acordo com o cronograma de dispêndios de cada projeto após o cálculo do ano ótimo de abertura. Os dados pode ser observado a partir da Tabela 14.

Tabela 14. Custos dos projetos

| Trecho | Projeto | Ano | | | | | | | | | | VPL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| T1 | P1 | $0,00 | $0,00 | ($1,72) | ($2,98) | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | ($4,70) |
| | P2 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | ($0,53) | ($1,77) | $0,00 | $0,00 | $0,00 | ($1,04) | ($0,96) | ($4,30) |
| | P3 | $0,00 | ($0,63) | ($0,57) | ($2,19) | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | ($3,39) |
| T2 | P2 | $0,00 | $0,00 | ($0,70) | ($1,21) | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | ($1,92) |
| | P3 | $0,00 | ($0,63) | ($0,57) | ($2,19) | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | ($3,39) |
| T3 | P1 | $0,00 | ($2,34) | ($4,12) | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | ($6,80) | $0,00 | $0,00 | ($13,26) |
| | P2 | $0,00 | $0,00 | ($3,72) | ($3,32) | ($4,86) | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | ($11,90) |
| | P3 | $0,00 | $0,00 | ($2,34) | ($2,16) | ($1,80) | ($2,89) | ($2,58) | ($2,37) | $0,00 | $0,00 | ($14,15) |
| Totais | | $0,00 | ($3,60) | ($13,76) | ($14,58) | ($8,43) | ($2,89) | ($2,58) | ($9,17) | ($1,04) | ($0,96) | ($57,01) |

Outra restrição que precisou ser imposta ao modelo, é o fato de poder ser escolhido apenas um projeto por trecho, já que os projetos P1, P2 e P3 de cada trecho são mutuamente exclusivos. A partir dessas observados, o modelo ficou especificado da forma como segue:

$$\max VPL = 6{,}32x_1 + 2{,}38x_2 + 0{,}61x_3 + 1{,}93x_4 + 0{,}61x_5 + 7{,}35x_6 + 1{,}96x_7 + 3{,}69x_8$$

Sujeito a

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1$$
$$x_4 + x_5 = 1$$
$$x_6 + x_7 + x_8 = 1$$
$$0{,}63x_3 + 0{,}63x_5 + 2{,}34x_6 \leq 3$$
$$4{,}70x_1 + 2{,}29x_2 + 2{,}77x_3 + 1{,}92x_4 + 2{,}77x_5 + 4{,}12x_6 + 11{,}90x_7 + 6{,}30x_8 \leq 11$$
$$2{,}00x_2 + 6{,}80x_6 + 7{,}85x_8 \leq 7$$
$$x_i = 0 \text{ ou } x_i = 1$$
$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8 \geq 0$$

Definida, então, a função objetivo, qual seja, a maximização do VPL, sujeita às restrições explicadas acima, obteve-se o seguinte resultado a partir da iteração do modelo na ferramenta Solver do Excel®2007 (vide Tabela 15).

Tabela 15. Resultado da priorização de alternativas

| Projetos selecionados | | Custos | VPL | TIR | B/C | Ano ótimo de abertura |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Trecho 1 | Projeto 1 | $2,34 | $6,32 | 24,81% | 1,98 | 2 |
| Trecho 2 | Projeto 2 | $10,74 | $1,93 | 25,13% | 1,89 | 2 |
| Trecho 3 | Projeto 1 | $6,80 | $7,35 | 23,14% | 1,43 | 1 |
| **Utilização dos recursos** | | **94,65%** | **VPL ótimo** | | | **$15,61** |

| Cronograma de dispêndios | |
|---|---|
| **Anos** | **Disponibilidade** |
| 1 e 2 | R$ 3 mi |
| 3 a 5 | R$ 11 mi |
| 6 a 10 | R$ 7 mi |

A partir da Tabela 15 é possível observar que os projetos selecionados pelo modelo são justamente aqueles que apresentam os melhores indicadores de viabilidade, pois é, de fato, a combinação de projetos que maximiza o VPL, tendo em vista a restrição orçamentária e o cronograma de dispêndios de recursos imposto ao modelo. O modelo permite que sejam alteradas as condições de emprego dos recursos que, por sua vez, alterará o resultado do modelo. A Tabela 16 mostra uma combinação diferente de projetos, obtida em função da alteração do cronograma de dispêndios para o seguinte: até o ano 2 – gastos de R$ 3 milhões; do ano 3 aos ano 5 – gastos de 7 milhões e do ano 6 ao 10 – gastos de 11 milhões. O total de recursos disponível ao longo dos 10 anos é o mesmo, R$ 21 milhões.

Tabela 16. Resultado da priorização de alternativas após a alteração do cronograma de dispêndios

| Projetos selecionados | | Custos | VPL | TIR | B/C | Ano ótimo de abertura |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Trecho 1 | Projeto 2 | $2,34 | $6,32 | 11,66% | 1,14 | 3 |
| Trecho 2 | Projeto 2 | $6,56 | $1,93 | 25,13% | 1,89 | 2 |
| Trecho 3 | Projeto 1 | $10,56 | $7,35 | 23,14% | 1,43 | 1 |
| **Utilização dos recursos** | | **92,71%** | **VPL ótimo** | | | **$11,66** |

| Cronograma de dispêndios | |
|---|---|
| **Anos** | **Disponibilidade** |
| 1 e 2 | R$ 3 mi |
| 3 a 5 | R$ 7 mi |
| 6 a 10 | R$ 11 mi |

A partir da comparação entre os dois resultados, é evidente que o primeiro é preferível ao segundo, em função do VPL ótimo ser superior. A possibilidade de modificação do cronograma de dispêndios pode ser um procedimento útil para a tomada de decisão, na medida em que permite analisar em que configuração será obtida a combinação de alternativas que traga o maior retorno a sociedade. Toda a simulação, bem como a

especificação do problema no Solver e a análise com a modificação do cronograma de dispêndios está contida nos Anexos D e E .

Como pode ser observado, a aplicação da metodologia proposta é bastante simples. Entretanto, acredita-se que contribui para o estabelecimento de prioridades quanto à decisão de investimento em projetos em infraestrutura de transporte. A metodologia foi desenvolvida com a intenção de interagir com o SISLOG e, neste sentido, permitir o aperfeiçoamento deste sistema, capacitando-o como instrumento de apoio a tomada de decisão sob o ponto de vista social e público.

# 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação econômica, por si só, empreende uma configuração especial em função de buscar estimar os benefícios que a sociedade aufere em virtude da implantação de melhorias em setores básicos da economia. A avaliação de projetos em infraestrutura de transporte, em especial, encerra uma dificuldade ainda mais saliente, porque é um dos fatores que podem gerar crescimento econômico tanto de uma região quanto de um país como um todo. Esse tipo de projeto compreende um leque enorme de interferências e, por conseqüência, causa um sem número de efeitos na sociedade, nem todos passíveis de mensuração direta, como frisado durante toda a discussão do presente trabalho.

Através da discussão a respeito das óticas de avaliação econômica, bem como dos métodos de análise e dos indicadores de seleção de projetos, o estudo em tela procurou contribuir para a compreensão das diretrizes da avaliação de projetos em infraestrutura de transportes. Já a definição e aplicação da metodologia a partir da qual são especificadas as variáveis que compõem o fluxo de caixa, além do cálculo dos indicadores de viabilidade e do ano ótimo de abertura demonstrou os procedimentos presentes na análise econômica realizada na prática pelos agentes que tomam as decisões de investimento.

Em especial, a proposição do modelo que busca encontrar a combinação de projetos que maximiza o benefício da sociedade em função de uma restrição orçamentária contribui no sentido de balizar a decisão de investir a partir de um cronograma de dispêndios que pode ser modificado, no intuito de avaliar em qual configuração será encontrada a composição de projetos que permita a melhor alocação dos recursos retornando o máximo de benefícios possível. Situação essa presente no cotidiano dos tomadores de decisão.

Como salientado ao final do capitulo anterior, o presente estudo pretendeu contribuir no sentido de delimitar parâmetros para a análise econômica, através da definição explícita das variáveis fundamentais para a avaliação econômica de projetos em infraestrutura de transportes e, nesse sentido, possibilitar a orientação dos entes governamentais tanto na busca das informações, quanto na organização rápida e concisa dos dados. Tal colocação é importante, porque é sabido que os métodos de avaliação econômica em infraestrutura de transportes são amplamente difundidos no âmbito acadêmico, tanto quanto no campo prático e que, portanto, as sugestões metodológicas feitas pelo presente estudo não são inéditas, mas adaptações daquilo que a literatura consagra.

Os resultados obtidos através da aplicação da metodologia proposta são considerados pertinentes dentro do que se propôs o trabalho, reconhecidas as limitações da análise custo

benefício, amplamente discutidas ao longo da realização do mesmo. Nesse sentido, cabe o reconhecimento da necessária complementação da metodologia exposta, notadamente na agregação de variáveis não mensuráveis monetariamente. Um bom indicativo de continuidade para o presente estudo, que elimina essa deficiência da ACB, reside na utilização de metodologias multicriteriais a fim de tornar a avaliação econômica de projetos em infraestrutura de transportes mais abrangente e completa.

# REFERÊNCIAS


ABECASSIS, Fernando; CABRAL, Nuno. **Análise econômica e financeira de projectos.** 4.ed. Fund C Gulbenkian: Lisboa - PT, 2000, 296 p.

ABREU, Paulo Simas de; STEPHAN, Christian. **Análise de Investimentos.** Rio de Janeiro: Campus, 1982. 280 p.

ADLER, Hans A.. **Avaliação econômica de projetos de transportes**: metodologia e exemplos. Livros Técnicos e Científicos: Rio de Janeiro – RJ, 1978, 170 p.

ARAÚJO, Maria da Piedade. **Infraestrutura de transporte e desenvolvimento regional:** uma abordagem de equilíbrio inter-regional. 2006. 114 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

BANCO MUNDIAL. Volume 4 - Analyctical Framework & Model Descriptions: : Part G. In: **The Highway Development & Manegement Series.** CD-ROM.

BRANCO, Marina Castelo. **Análise custo - efetividade:** sua aplicação como auxílio para a definição de políticas de regulamentação do uso de agrotóxicos. 2008. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão Econômica do Meio Ambiente, Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
BRASIL, Ministério do Planejamento. **Plano Plurianual 2008 - 2011:** projeto de lei. Brasília: Mp, 2007. v. 1. Disponível em: <http://www.sigplan.gov.br/download/avisos/001-mensagempresidencial_internet.pdf>. Acesso em: 24 out. 2009.

BRASIL, Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos. **Plano Plurianual 2008 - 2011:** projeto de lei. Brasília: MP, 2007. 1 v. Disponível em: <http://www.sigplan.gov.br/download/avisos/002-plppa2008-2011.pdf>. Acesso em: 24 out. 2009.

BUARQUE, Cristovam. **Avaliação econômica de projetos**: uma apresentação didática. 2 ed, Campus: Rio de Janeiro, 1984, 266 p.

CASSAROTO FILHO, Nelson; KOPITTKE, Bruno Hartmut. Análise de Investimentos. 10 ed, Atlas: São Paulo, 2000, 468 p.

CLEMENTE, Ademir; FERNANDES, Elton. Planejamento e Projeto. In: CLEMENTE, Ademir et al. **Projetos empresariais e públicos.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002. Cap. 1, p. 21-27.

CNT, Condeferação Nacional do Transporte. **Boletim Estatístico CNT 2009.** Disponível em: <http://www.cnt.org.br/portal/img/arquivos/Boletim%20Estatístico%20CNT%20-%202009.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2009.

CONTADOR, Claudio Roberto. **Avaliação Social de Projetos.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 1988. 316 p.

EBERTS, Randall. Understandig the impact of transportation on economic development. **Committee On Transportation And Economic Development**, Washington, 10 jan. 2000.

Disponível em: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/millennium/00138.pdf>. Acesso em: 21 out. 2009.

FERNANDES, Carlos Henrique. **Priorização de projetos hidrelétricos sob a ótica social:** Um estudo de caso utilizando análise custo/benefício e uma metodologia multicritério de apoio a decisão "MACBETH". 1996. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

FRISCHTAK, Cláudio. **O investimento em infraestrutura no Brasil:** Histórico recente e perspectivas. IV Seminário ANBID de Mercado de Capitais , 2007, São Paulo, p. 1 - 50. Disponível em: <http://www.anbid.com.br/documentos_download/quarto_seminario/Claudio_Frischtak_Apresentacao.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2009.

HUMMEL, Paulo Roberto Vampré; TASCHNER, Mauro Roberto Black. **Análise e decisão sobre investimentos e financiamentos:** Engenharia economica - teoria e prática. 4. ed. São Paulo: Altas, 1995. 216 p.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; DENATRAN, Departamento Nacional de Transportes. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras:** Relatório executivo. Brasília: Ipea/denatran/antp, 2006. 80 p. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/destaque/impactos_acidentetransito%20(Livro%2001).pdf>. Acesso em: 02 nov. 2009.

_____. **Ipeadata**: base de dados macroeconômicos. Variação anual do PIB brasileiro. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dlll/ipeadata?tick=14406890>. Acesso em 10 nov. 2009.

JANCOVICI, Jean-Marc. **What are the greenhouse gases?** Manicore. Disponível em: <http://www.manicore.com/anglais/documentation_a/greenhouse/greenhouse_gas.html>. Acesso em: 01 out. 2009.

LABTRANS, Laboratório de Transportes e Logística. **Portfólio:** Agosto de 2009. Florianópolis, 2009.

LANG, Aline. E. (2007). **As Ferrovias no Brasil e Avaliação Econômica de Projetos: Uma Aplicação em Projetos Ferroviários.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília - UNB, Brasília – DF, 154 p.

LINS, Gerardo Estellita. **Análise econômica de investimentos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Apec, 1976. 263 p.

LISBOA, Érico Fagundes Anicet. **Apostila do curso de Pesquisa Operacional.** Rio de Janeiro: -, 2002. 53 p. Disponível em: <http://www.decom.ufop.br/prof/rduarte/CIC271/apostila_po.pdf>. Acesso em: 27 out. 2009.

MACÁRIO, Rosário; CRESPO, Fernando; RODRIGUES, Maria João. **Estimação de custos e benefícios reais para a avaliação econômica de projetos de investimento rodoviário.** XXI ANPET, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://redpgv.coppe.ufrj.br/arquivos/Estimativa_Ben_Custo_Anpet_2007.pdf>. Acesso em:

12 ago. 2009.

MARCHETTI, V. **Risco e Decisão em investimento produtivo**. Editora da Universidade. Porto Alegre: 1995.

MOREIRA, Roberto. **Avaliação de projetos de transportes utilizando análise benefício custo e método de análise hierárquica.** 2000. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas - SP, 2000.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. **Utilização de critérios economicos para a valorização da água no Brasil.** IPEA, 1998. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/pub/td/td0556.pdf>. Acesso em: 22 out. 2009.

NOGUEIRA, Christiane Wenck. **A metodologia multicritério de apoio à decisão Analytic Hierarchy Process (AHP):** Um estudo de caso na priorização de traçado de pavimentação de uma estrada. 2002. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação e Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis - SC, 2002.

NOVAES, Antonio Galvão. **Métodos de Otimização:** aplicações aos transportes. Rio de Janeiro: Editora Edgar Blücher, 1978. 463 p.

PEREIRA, Djalma Martins; RATTON, Eduardo; BLASI, Gilza Fernandes; KÜSTER FILHO, Wilson. **Introdução aos Sistemas de Transportes e à Engenharia de Tráfego**. Departamento de Transportes. Setor de Tecnologia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, março de 2006. Disponível em: <http://www.dtt.ufpr.br/TransportesA/Arquivos/ApostilaSistemasDeTransportes-2008.pdf>. Acesso em 29 set. 2009.

PIDD, Michael. **Modelagem empresarial:** ferramentas para tomada de decisã0. Porto Alegre: Bookman, 1998. 314 p.

PUCCINI, Abelardo de Lima; PIZZOLATO, Nelio Domingues. **Programação Linear.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1987. 247 p.

RIETVELD, Piet. Infraestructure and regional development. **The Annals Of Regional Science**, Verlag, v. 23, n. 4, p.255-274, - dez. 1989. Mensal. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/x25173011q307104/fulltext.pdf>. Acesso em: 21 out. 2009.

SIGNORINI, Paula. **O que é carbono equivalente?** Disponível em: <http://scienceblogs.com.br/rastrodecarbono/2007/08/o-que-e-carbono-equivalente.php>. Acesso em: 01 out. 2009.

SILVA, Guilherme Jonas C. da; JAYME Jr, Frederico G.; MARTINS, Ricardo S.. **Gasto público com infraestrutura de transporte e crescimento:** uma análise para os estados brasileiro (1986 - 2003). CEPEAD/UFMG. Disponível em: <http://www.cepead.face.ufmg.br/files/nucleos/nipe_log/Artigo18.pdf>. Acesso em: 21 out. 2009.

SOUZA, Alceu; KREUZ, Carlos Leomar; CLEMENTE, Ademir. Metodologia para análise de viabilidade do cultivo de pinus taeda: o caso da região de Campos de Palmas. **Revista de**

**Negócios**, Blumenau, v. 7, n. 4, p.51-62, dez. 2002. Trimestral. Disponível em: <http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rn/article/view/330/315>. Acesso em: 28 set. 2009.

# ANEXOS

ANEXO A – Dados de saída do HDM - 4

Tabela 17. Dados de emissões de poluentes do HDM – 4.

| Emissões dos poluentes gerados do efeito estufa (em toneladas) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trecho 1 | | | | | | | | |
| | Base Alternative | | P1 | | P2 | | P3 | |
| | $N_2O$ | $CO_2$ | $N_2O$ | $CO_2$ | $N_2O$ | $CO_2$ | $N_2O$ | $CO_2$ |
| 1 | 86,94 | 9.210,14 | 86,94 | 9.210,14 | 86,94 | 9.210,14 | 86,94 | 9.210,14 |
| 2 | 91,84 | 9.860,41 | 91,72 | 9.848,42 | 458,58 | 49.242,10 | 91,84 | 9.860,41 |
| 3 | 97,17 | 10.570,88 | 88,78 | 9.960,06 | 79,39 | 8.891,83 | 485,04 | 52.780,96 |
| 4 | 102,93 | 11.344,84 | 94,22 | 10.710,17 | 83,91 | 9.536,17 | 83,89 | 9.534,88 |
| 5 | 109,10 | 12.181,77 | 100,14 | 11.530,93 | 88,80 | 10.240,22 | 88,75 | 10.235,50 |
| 6 | 115,66 | 13.079,69 | 106,58 | 12.428,52 | 94,11 | 11.009,34 | 94,02 | 11.000,19 |
| 7 | 122,55 | 14.034,97 | 113,57 | 13.410,37 | 3,04 | 361,79 | 99,71 | 11.835,23 |
| 8 | 129,68 | 15.039,83 | 121,18 | 14.483,88 | 121,56 | 14.505,25 | 105,89 | 12.747,67 |
| 9 | 136,92 | 16.081,37 | 129,44 | 15.655,20 | 129,83 | 15.679,19 | 112,56 | 13.743,26 |
| 10 | 144,10 | 17.144,34 | 138,35 | 16.926,48 | 138,84 | 16.963,99 | 119,75 | 14.825,77 |

| Trecho 2 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Base Alternative | | P1 | | P2 | | P3 | |
| | $N_2O$ | $CO_2$ | $N_2O$ | $CO_2$ | $N_2O$ | $CO_2$ | $N_2O$ | $CO_2$ |
| 1 | 38,61 | 3.742,56 | 38,61 | 3.742,56 | 38,61 | 3.742,56 | 38,61 | 3.742,56 |
| 2 | 40,50 | 3.975,29 | 202,09 | 19.843,93 | 40,42 | 3.968,79 | 40,50 | 3.975,29 |
| 3 | 42,50 | 4.224,10 | 35,12 | 3.566,70 | 38,15 | 3.910,85 | 42,50 | 4.224,10 |
| 4 | 44,57 | 4.485,05 | 36,90 | 3.800,02 | 40,21 | 4.176,16 | 44,57 | 4.485,05 |
| 5 | 46,64 | 4.751,67 | 38,82 | 4.054,67 | 42,43 | 4.463,66 | 46,64 | 4.751,67 |
| 6 | 48,62 | 5.015,96 | 40,90 | 4.331,97 | 44,79 | 4.772,87 | 48,62 | 5.015,96 |
| 7 | 50,40 | 5.269,50 | 43,13 | 4.634,53 | 47,28 | 5.101,44 | 51,15 | 5.349,74 |
| 8 | 51,91 | 5.507,81 | 45,55 | 4.964,71 | 49,85 | 5.443,32 | 49,97 | 5.467,54 |
| 9 | 53,20 | 5.735,41 | 48,16 | 5.324,43 | 52,41 | 5.788,44 | 52,81 | 5.849,56 |
| 10 | 54,40 | 5.967,57 | 50,97 | 5.716,36 | 54,79 | 6.114,68 | 55,74 | 6.247,82 |

| Trecho 3 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Base Alternative | | P1 | | P2 | | P3 | |
| | $N_2O$ | $CO_2$ | $N_2O$ | $CO_2$ | $N_2O$ | $CO_2$ | $N_2O$ | $CO_2$ |
| 1 | 140,25 | 14.281,07 | 140,25 | 14.281,07 | 140,25 | 14.281,07 | 140,25 | 14.281,07 |
| 2 | 147,80 | 15.246,42 | 147,56 | 15.225,06 | 147,56 | 15.225,06 | 147,56 | 15.225,06 |
| 3 | 155,98 | 16.299,50 | 141,39 | 15.238,31 | 777,19 | 81.253,78 | 141,39 | 15.238,31 |
| 4 | 164,80 | 17.443,12 | 149,64 | 16.340,25 | 196,42 | 20.509,25 | 149,64 | 16.340,25 |
| 5 | 174,16 | 18.669,12 | 158,59 | 17.544,07 | 207,40 | 21.936,08 | 158,59 | 17.544,07 |
| 6 | 183,90 | 19.961,35 | 168,29 | 18.858,42 | 219,26 | 23.491,17 | 168,08 | 18.838,43 |
| 7 | 193,74 | 21.294,73 | 178,81 | 20.293,49 | 232,08 | 25.185,24 | 891,71 | 101.250,22 |
| 8 | 203,30 | 22.631,30 | 188,46 | 21.691,63 | 245,93 | 27.030,89 | 251,38 | 27.419,81 |
| 9 | 212,08 | 23.927,09 | 200,55 | 23.375,15 | 260,91 | 29.040,57 | 266,49 | 29.440,39 |
| 10 | 219,75 | 25.156,73 | 213,68 | 25.216,42 | 277,06 | 31.224,53 | 282,85 | 31.644,53 |

Tabela 18. Custos retornados pelo HDM – 4 dos projetos do trecho 1.

| Valores em R$ milhões | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Section:** | Trecho 1 | | | | | | |
| **Alternative:** | Base Alternative | | | | | | |
| **Período** | **Construção** | **Manutenção** | **Total Custos** | **Custo Operacional** | **Tempo de Viagem** | **Aciedentes** | **Total Benefícios** |
| 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 23,88 | 3,84 | 1,13 | 28,85 |
| 2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 25,68 | 4,04 | 1,23 | 30,95 |
| 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 27,68 | 4,24 | 1,34 | 33,27 |
| 4 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 29,99 | 4,47 | 1,46 | 35,93 |
| 5 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 32,57 | 4,73 | 1,60 | 38,89 |
| 6 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 35,38 | 5,01 | 1,74 | 42,13 |
| 7 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 38,43 | 5,33 | 1,90 | 45,67 |
| 8 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 41,75 | 5,70 | 2,08 | 49,52 |
| 9 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 45,34 | 6,12 | 2,27 | 53,73 |
| 10 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 49,27 | 6,61 | 2,48 | 58,36 |

| **Section:** | Trecho 1 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Alternative:** | P1 | | | | | | |
| **Período** | **Construção** | **Manutenção** | **Total Custos** | **Custo Operacional** | **Tempo de Viagem** | **Aciedentes** | **Total Benefícios** |
| 1 | 2,04 | 0,00 | 2,04 | 23,88 | 3,84 | 1,13 | 28,85 |
| 2 | 2,04 | 1,79 | 3,83 | 25,65 | 4,03 | 1,23 | 30,92 |
| 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 27,39 | 4,83 | 0,00 | 32,22 |
| 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 29,51 | 5,06 | 0,00 | 34,57 |
| 5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 31,84 | 5,31 | 0,00 | 37,15 |
| 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 34,39 | 5,59 | 0,00 | 39,98 |
| 7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 37,21 | 5,89 | 0,00 | 43,11 |
| 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 40,39 | 6,22 | 0,00 | 46,61 |
| 9 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 43,96 | 6,59 | 0,00 | 50,54 |
| 10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 47,91 | 6,99 | 0,00 | 54,90 |

| **Section:** | Trecho 1 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Alternative:** | P2 | | | | | | |
| **Período** | **Construção** | **Manutenção** | **Total Custos** | **Custo Operacional** | **Tempo de Viagem** | **Aciedentes** | **Total Benefícios** |
| 1 | 0,68 | 0,00 | 0,68 | 23,88 | 3,84 | 1,13 | 28,85 |
| 2 | 0,68 | 1,79 | 2,47 | 25,65 | 4,03 | 1,23 | 30,92 |
| 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 26,81 | 6,89 | 0,00 | 33,70 |
| 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 28,83 | 7,22 | 0,00 | 36,06 |
| 5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 31,06 | 7,59 | 0,00 | 38,65 |
| 6 | 2,04 | 0,00 | 2,04 | 33,51 | 8,00 | 0,00 | 41,51 |
| 7 | 2,04 | 0,00 | 2,04 | 36,14 | 8,45 | 0,00 | 44,59 |
| 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 40,17 | 6,15 | 0,00 | 46,33 |
| 9 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 43,57 | 6,51 | 0,00 | 50,08 |
| 10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 47,41 | 6,91 | 0,00 | 54,32 |

| **Section:** | Trecho 1 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Alternative:** | P3 | | | | | | |
| **Período** | **Construção** | **Manutenção** | **Total Custos** | **Custo Operacional** | **Tempo de Viagem** | **Aciedentes** | **Total Benefícios** |
| 1 | 0,68 | 0,00 | 0,68 | 23,88 | 3,84 | 1,13 | 28,85 |
| 2 | 0,68 | 0,00 | 0,68 | 25,68 | 4,04 | 1,23 | 30,95 |
| 3 | 0,00 | 2,82 | 2,82 | 27,62 | 4,24 | 1,34 | 33,20 |
| 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 28,83 | 7,22 | 0,00 | 36,06 |
| 5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 31,05 | 7,59 | 0,00 | 38,64 |
| 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 33,48 | 8,00 | 0,00 | 41,48 |
| 7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 36,15 | 8,45 | 0,00 | 44,60 |
| 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 39,11 | 8,94 | 0,00 | 48,05 |
| 9 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 42,42 | 9,48 | 0,00 | 51,90 |
| 10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 46,08 | 10,08 | 0,00 | 56,16 |

Tabela 19. Custos retornados pelo HDM – 4 dos projetos do trecho 2.

| Valores em R$ milhões | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Section:** | Trecho 2 | | | | | | |
| **Alternative:** | Base Alternative | | | | | | |
| **Período** | **Construção** | **Manutenção** | **Total Custos** | **Custo Operacional** | **Tempo de Viagem** | **Aciedentes** | **Total Benefícios** |
| 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,42 | 1,76 | 0,40 | 11,58 |
| 2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,13 | 1,83 | 0,43 | 12,40 |
| 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,92 | 1,91 | 0,47 | 13,30 |
| 4 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 11,77 | 2,00 | 0,51 | 14,28 |
| 5 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 12,69 | 2,10 | 0,55 | 15,34 |
| 6 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 13,68 | 2,22 | 0,60 | 16,50 |
| 7 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 14,74 | 2,37 | 0,66 | 17,77 |
| 8 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 15,87 | 2,56 | 0,71 | 19,15 |
| 9 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 17,10 | 2,80 | 0,78 | 20,68 |
| 10 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 18,46 | 3,10 | 0,85 | 22,40 |

| **Section:** | Trecho 2 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Alternative:** | P1 | | | | | | |
| **Período** | **Construção** | **Manutenção** | **Total Custos** | **Custo Operacional** | **Tempo de Viagem** | **Aciedentes** | **Total Benefícios** |
| 1 | 0,26 | 0,00 | 0,26 | 9,42 | 1,76 | 0,40 | 11,58 |
| 2 | 0,26 | 0,67 | 0,92 | 10,03 | 1,83 | 0,43 | 12,30 |
| 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,54 | 3,19 | 0,00 | 13,73 |
| 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11,33 | 3,31 | 0,00 | 14,64 |
| 5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12,20 | 3,44 | 0,00 | 15,64 |
| 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,17 | 3,58 | 0,00 | 16,75 |
| 7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 14,24 | 3,74 | 0,00 | 17,97 |
| 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 15,42 | 3,91 | 0,00 | 19,33 |
| 9 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 16,74 | 4,10 | 0,00 | 20,84 |
| 10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 18,23 | 4,32 | 0,00 | 22,55 |

| **Section:** | Trecho 2 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Alternative:** | P2 | | | | | | |
| **Período** | **Construção** | **Manutenção** | **Total Custos** | **Custo Operacional** | **Tempo de Viagem** | **Aciedentes** | **Total Benefícios** |
| 1 | 0,77 | 0,00 | 0,77 | 9,42 | 1,76 | 0,40 | 11,58 |
| 2 | 0,77 | 0,67 | 1,43 | 10,03 | 1,83 | 0,43 | 12,30 |
| 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,58 | 2,23 | 0,00 | 12,81 |
| 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11,37 | 2,32 | 0,00 | 13,69 |
| 5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12,27 | 2,41 | 0,00 | 14,68 |
| 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,26 | 2,51 | 0,00 | 15,76 |
| 7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 14,34 | 2,62 | 0,00 | 16,96 |
| 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 15,51 | 2,75 | 0,00 | 18,26 |
| 9 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 16,79 | 2,90 | 0,00 | 19,69 |
| 10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 18,19 | 3,09 | 0,00 | 21,28 |

| **Section:** | Trecho 2 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Alternative:** | P3 | | | | | | |
| **Período** | **Construção** | **Manutenção** | **Total Custos** | **Custo Operacional** | **Tempo de Viagem** | **Aciedentes** | **Total Benefícios** |
| 1 | 0,30 | 0,00 | 0,30 | 9,42 | 1,76 | 0,40 | 11,58 |
| 2 | 0,30 | 0,00 | 0,30 | 10,13 | 1,83 | 0,43 | 12,40 |
| 3 | 0,77 | 0,00 | 0,77 | 10,92 | 1,91 | 0,47 | 13,30 |
| 4 | 0,77 | 0,00 | 0,77 | 11,77 | 2,00 | 0,51 | 14,28 |
| 5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12,69 | 2,10 | 0,55 | 15,34 |
| 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,68 | 2,22 | 0,60 | 16,50 |
| 7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 14,65 | 2,33 | 0,66 | 17,64 |
| 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 15,34 | 2,73 | 0,00 | 18,07 |
| 9 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 16,60 | 2,87 | 0,00 | 19,46 |
| 10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 17,96 | 3,02 | 0,00 | 20,98 |

Tabela 20. Custos retornados pelo HDM – 4 dos projetos do trecho 3.

| Valores em R$ milhões | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Section:** | Trecho 3 | | | | | | |
| **Alternative:** | Base Alternative | | | | | | |
| **Período** | **Construção** | **Manutenção** | **Total Custos** | **Custo Operacional** | **Tempo de Viagem** | **Aciedentes** | **Total Benefícios** |
| 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 36,40 | 5,09 | 1,65 | 43,13 |
| 2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 39,05 | 5,35 | 1,79 | 46,20 |
| 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 42,02 | 5,65 | 1,95 | 49,62 |
| 4 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 45,51 | 5,97 | 2,12 | 53,60 |
| 5 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 49,37 | 6,33 | 2,31 | 58,02 |
| 6 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 53,56 | 6,75 | 2,52 | 62,83 |
| 7 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 58,08 | 7,22 | 2,75 | 68,06 |
| 8 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 62,97 | 7,79 | 3,00 | 73,76 |
| 9 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 68,24 | 8,49 | 3,28 | 80,01 |
| 10 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 73,92 | 9,35 | 3,58 | 86,84 |

| **Section:** | Trecho 3 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Alternative:** | P1 | | | | | | |
| **Período** | **Construção** | **Manutenção** | **Total Custos** | **Custo Operacional** | **Tempo de Viagem** | **Aciedentes** | **Total Benefícios** |
| 1 | 2,55 | 0,00 | 2,55 | 36,40 | 5,09 | 1,65 | 43,13 |
| 2 | 2,55 | 2,32 | 4,87 | 39,00 | 5,35 | 1,79 | 46,14 |
| 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 41,47 | 6,38 | 0,00 | 47,84 |
| 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 44,57 | 6,70 | 0,00 | 51,27 |
| 5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 47,96 | 7,05 | 0,00 | 55,02 |
| 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 51,70 | 7,44 | 0,00 | 59,14 |
| 7 | 0,00 | 12,23 | 12,23 | 55,86 | 7,86 | 0,00 | 63,72 |
| 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 59,83 | 8,31 | 0,00 | 68,14 |
| 9 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 64,61 | 8,81 | 0,00 | 73,42 |
| 10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 69,83 | 9,36 | 0,00 | 79,19 |

| **Section:** | Trecho 3 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Alternative:** | P2 | | | | | | |
| **Período** | **Construção** | **Manutenção** | **Total Custos** | **Custo Operacional** | **Tempo de Viagem** | **Aciedentes** | **Total Benefícios** |
| 1 | 4,05 | 0,00 | 4,05 | 36,40 | 5,09 | 1,65 | 43,13 |
| 2 | 3,93 | 0,00 | 3,93 | 39,00 | 5,35 | 1,79 | 46,14 |
| 3 | 3,93 | 2,32 | 6,25 | 41,82 | 5,64 | 1,95 | 49,42 |
| 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 46,70 | 5,43 | 0,00 | 52,12 |
| 5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 50,21 | 5,75 | 0,00 | 55,95 |
| 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 54,04 | 6,09 | 0,00 | 60,13 |
| 7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 58,23 | 6,47 | 0,00 | 64,71 |
| 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 62,83 | 6,89 | 0,00 | 69,72 |
| 9 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 67,89 | 7,35 | 0,00 | 75,24 |
| 10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 73,52 | 7,86 | 0,00 | 81,37 |

| **Section:** | Trecho 3 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Alternative:** | P3 | | | | | | |
| **Período** | **Construção** | **Manutenção** | **Total Custos** | **Custo Operacional** | **Tempo de Viagem** | **Aciedentes** | **Total Benefícios** |
| 1 | 2,55 | 0,00 | 2,55 | 36,40 | 5,09 | 1,65 | 43,13 |
| 2 | 2,55 | 2,32 | 4,87 | 39,00 | 5,35 | 1,79 | 46,14 |
| 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 41,47 | 6,38 | 0,00 | 47,84 |
| 4 | 4,05 | 0,00 | 4,05 | 44,57 | 6,70 | 0,00 | 51,27 |
| 5 | 3,93 | 0,00 | 3,93 | 47,96 | 7,05 | 0,00 | 55,02 |
| 6 | 3,93 | 0,00 | 3,93 | 51,63 | 7,44 | 0,00 | 59,07 |
| 7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 55,63 | 7,86 | 0,00 | 63,49 |
| 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 63,05 | 6,82 | 0,00 | 69,87 |
| 9 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 68,06 | 7,28 | 0,00 | 75,34 |
| 10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 73,56 | 7,78 | 0,00 | 81,34 |

Anexo B – Cálculos para a formação dos fluxos de caixa dos projetos analisados

Tabela 21. Fatores de conversão da emissão de poluentes em termos monetários

| Conversão Carbono Equivalente | | Créditos de Carbono | |
|---|---|---|---|
| $CO_2$ | $N_2O$ | US$/t* | 0,15 |
| 0,273 | 81,3 | Cambio R$/US$ | 1,72 |
| | | R$/t | 0,258 |

*Fonte: Chicago Mercantile Exchange

Tabela 22. Mensuração monetária da redução da emissão de poluentes.

| Mensuração monetária da reduçao da emissão de créditos de carbono | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trecho1 | | | | | | | | | | |
| Ano | Carbono equivalente (toneladas) | | | | Redução da emissão de poluentes (toneladas) | | | Créditos de carbono (R$ milhões) | | |
| | Caso base | P1 | P2 | P3 | Base - P1 | Base - P2 | Base - P3 | P1 | P2 | P3 |
| 1 | 9.582,59 | 9.582,59 | 9.582,59 | 9.582,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 |
| 2 | 10.158,48 | 10.145,45 | 50.725,65 | 10.158,48 | 13,03 | -40.567,16 | 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 |
| 3 | 10.785,77 | 9.936,91 | 8.881,88 | 53.842,95 | 848,86 | 1.903,89 | -43.057,18 | R$ 0,0002 | R$ 0,0005 | R$ 0,0000 |
| 4 | 11.465,35 | 10.583,96 | 9.425,26 | 9.423,28 | 881,39 | 2.040,09 | 2.042,07 | R$ 0,0002 | R$ 0,0005 | R$ 0,0005 |
| 5 | 12.195,45 | 11.289,33 | 10.015,02 | 10.009,67 | 906,13 | 2.180,43 | 2.185,79 | R$ 0,0002 | R$ 0,0006 | R$ 0,0006 |
| 6 | 12.973,91 | 12.057,94 | 10.656,69 | 10.646,88 | 915,97 | 2.317,22 | 2.327,04 | R$ 0,0002 | R$ 0,0006 | R$ 0,0006 |
| 7 | 13.794,86 | 12.894,27 | 345,92 | 11.337,44 | 900,59 | 13.448,94 | 2.457,42 | R$ 0,0002 | R$ 0,0035 | R$ 0,0006 |
| 8 | 14.648,86 | 13.806,03 | 13.842,76 | 12.088,97 | 842,82 | 806,10 | 2.559,89 | R$ 0,0002 | R$ 0,0002 | R$ 0,0007 |
| 9 | 15.521,81 | 14.797,34 | 14.835,60 | 12.903,04 | 724,47 | 686,21 | 2.618,77 | R$ 0,0002 | R$ 0,0002 | R$ 0,0007 |
| 10 | 16.395,73 | 15.868,78 | 15.918,86 | 13.783,11 | 526,95 | 476,87 | 2.612,62 | R$ 0,0001 | R$ 0,0001 | R$ 0,0007 |

| Trecho 2 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | Carbono equivalente (toneladas) | | | | Redução da emissão de poluentes (toneladas) | | | Créditos de carbono (R$ milhões) | | |
| | Caso base | P1 | P2 | P3 | Base - P1 | Base - P2 | Base - P3 | P1 | P2 | P3 |
| 1 | 4.160,71 | 4.160,71 | 4.160,71 | 4.160,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 |
| 2 | 4.377,90 | 21.847,31 | 4.369,63 | 4.377,90 | -17.469,41 | 8,28 | 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 |
| 3 | 4.608,43 | 3.828,97 | 4.169,26 | 4.608,43 | 779,46 | 439,17 | 0,00 | R$ 0,0002 | R$ 0,0001 | R$ 0,0000 |
| 4 | 4.847,96 | 4.037,38 | 4.409,16 | 4.847,96 | 810,58 | 438,79 | 0,00 | R$ 0,0002 | R$ 0,0001 | R$ 0,0000 |
| 5 | 5.089,04 | 4.262,99 | 4.668,14 | 5.089,04 | 826,05 | 420,90 | 0,00 | R$ 0,0002 | R$ 0,0001 | R$ 0,0000 |
| 6 | 5.322,16 | 4.507,80 | 4.944,42 | 5.322,16 | 814,37 | 377,74 | 0,00 | R$ 0,0002 | R$ 0,0001 | R$ 0,0000 |
| 7 | 5.536,09 | 4.771,70 | 5.236,56 | 5.618,97 | 764,40 | 299,54 | -82,88 | R$ 0,0002 | R$ 0,0001 | R$ 0,0000 |
| 8 | 5.723,92 | 5.058,58 | 5.538,83 | 5.555,20 | 665,33 | 185,08 | 168,72 | R$ 0,0002 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 |
| 9 | 5.890,93 | 5.368,98 | 5.841,18 | 5.890,38 | 521,95 | 49,75 | 0,54 | R$ 0,0001 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 |
| 10 | 6.051,87 | 5.704,43 | 6.123,73 | 6.237,32 | 347,44 | -71,87 | -185,45 | R$ 0,0001 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 |

| Trecho 3 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | Carbono equivalente (toneladas) | | | | Redução da emissão de poluentes (toneladas) | | | Créditos de carbono (R$ milhões) | | |
| | Caso base | P1 | P2 | P3 | Base - P1 | Base - P2 | Base - P3 | P1 | P2 | P3 |
| 1 | 15.301,06 | 15.301,06 | 15.301,06 | 15.301,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 |
| 2 | 16.178,41 | 16.153,07 | 16.153,07 | 16.153,07 | 25,34 | 25,34 | 25,34 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 |
| 3 | 17.130,94 | 15.655,07 | 85.367,83 | 15.655,07 | 1.475,87 | -68.236,89 | 1.475,87 | R$ 0,0004 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 |
| 4 | 18.160,21 | 16.626,62 | 21.567,97 | 16.626,62 | 1.533,59 | -3.407,76 | 1.533,59 | R$ 0,0004 | R$ 0,0000 | R$ 0,0004 |
| 5 | 19.255,88 | 17.682,90 | 22.850,17 | 17.682,90 | 1.572,98 | -3.594,29 | 1.572,98 | R$ 0,0004 | R$ 0,0000 | R$ 0,0004 |
| 6 | 20.400,52 | 18.830,33 | 24.238,93 | 18.807,80 | 1.570,19 | -3.838,41 | 1.592,72 | R$ 0,0004 | R$ 0,0000 | R$ 0,0004 |
| 7 | 21.564,52 | 20.077,38 | 25.743,67 | 100.137,33 | 1.487,15 | -4.179,15 | -78.572,81 | R$ 0,0004 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 |
| 8 | 22.706,63 | 21.243,61 | 27.373,54 | 27.922,80 | 1.463,02 | -4.666,91 | -5.216,17 | R$ 0,0004 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 |
| 9 | 23.774,20 | 22.686,13 | 29.140,06 | 29.702,86 | 1.088,07 | -5.365,86 | -5.928,66 | R$ 0,0003 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 |
| 10 | 24.733,46 | 24.256,27 | 31.049,27 | 31.634,66 | 477,20 | -6.315,81 | -6.901,20 | R$ 0,0001 | R$ 0,0000 | R$ 0,0000 |

# Tabela 23. Cálculo dos benefícios

**Valores em R$ milhões**

**Trecho 1**

| Ano | Caso base | | | P1 | | | Caso base - P1 | | | P2 | | | Caso base - P2 | | | P3 | | | Caso base - P3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Custo Operacional | Tempo de Viagem | Acidentes | Custo Operacional | Tempo de Viagem | Acidentes | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Custo Operacional | Tempo de Viagem | Acidentes | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Custo Operacional | Tempo de Viagem | Acidentes | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes |
| 1 | R$ 23,88 | R$ 3,84 | R$ 1,13 | R$ 23,88 | R$ 3,84 | R$ 1,13 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 23,88 | R$ 3,84 | R$ 1,13 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 23,88 | R$ 3,84 | R$ 1,13 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 |
| 2 | R$ 25,68 | R$ 4,04 | R$ 1,23 | R$ 25,65 | R$ 4,03 | R$ 1,23 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 25,65 | R$ 4,03 | R$ 1,23 | R$ 0,03 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 25,65 | R$ 4,03 | R$ 1,23 | R$ 0,03 | R$ 0,00 | R$ 0,00 |
| 3 | R$ 27,68 | R$ 4,24 | R$ 1,34 | R$ 27,39 | R$ 4,83 | R$ 0,00 | R$ 0,29 | -R$ 0,58 | R$ 1,34 | R$ 27,39 | R$ 4,83 | R$ 0,00 | R$ 0,29 | -R$ 0,58 | R$ 1,34 | R$ 27,39 | R$ 4,83 | R$ 0,00 | R$ 0,29 | -R$ 0,58 | R$ 1,34 |
| 4 | R$ 29,99 | R$ 4,47 | R$ 1,46 | R$ 29,51 | R$ 5,06 | R$ 0,00 | R$ 0,48 | -R$ 0,59 | R$ 1,46 | R$ 29,51 | R$ 5,06 | R$ 0,00 | R$ 0,48 | -R$ 0,59 | R$ 1,46 | R$ 29,51 | R$ 5,06 | R$ 0,00 | R$ 0,48 | -R$ 0,59 | R$ 1,46 |
| 5 | R$ 32,57 | R$ 4,73 | R$ 1,60 | R$ 31,84 | R$ 5,31 | R$ 0,00 | R$ 0,73 | -R$ 0,58 | R$ 1,60 | R$ 31,84 | R$ 5,31 | R$ 0,00 | R$ 0,73 | -R$ 0,58 | R$ 1,60 | R$ 31,84 | R$ 5,31 | R$ 0,00 | R$ 0,73 | -R$ 0,58 | R$ 1,60 |
| 6 | R$ 35,38 | R$ 5,01 | R$ 1,74 | R$ 34,39 | R$ 5,59 | R$ 0,00 | R$ 0,99 | -R$ 0,58 | R$ 1,74 | R$ 34,39 | R$ 5,59 | R$ 0,00 | R$ 0,99 | -R$ 0,58 | R$ 1,74 | R$ 34,39 | R$ 5,59 | R$ 0,00 | R$ 0,99 | -R$ 0,58 | R$ 1,74 |
| 7 | R$ 38,43 | R$ 5,33 | R$ 1,90 | R$ 37,21 | R$ 5,89 | R$ 0,00 | R$ 1,22 | -R$ 0,56 | R$ 1,90 | R$ 37,21 | R$ 5,89 | R$ 0,00 | R$ 1,22 | -R$ 0,56 | R$ 1,90 | R$ 37,21 | R$ 5,89 | R$ 0,00 | R$ 1,22 | -R$ 0,56 | R$ 1,90 |
| 8 | R$ 41,75 | R$ 5,70 | R$ 2,08 | R$ 40,39 | R$ 6,22 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,53 | R$ 2,08 | R$ 40,39 | R$ 6,22 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,53 | R$ 2,08 | R$ 40,39 | R$ 6,22 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,53 | R$ 2,08 |
| 9 | R$ 45,34 | R$ 6,12 | R$ 2,27 | R$ 43,96 | R$ 6,59 | R$ 0,00 | R$ 1,39 | -R$ 0,47 | R$ 2,27 | R$ 43,96 | R$ 6,59 | R$ 0,00 | R$ 1,39 | -R$ 0,47 | R$ 2,27 | R$ 43,96 | R$ 6,59 | R$ 0,00 | R$ 1,39 | -R$ 0,47 | R$ 2,27 |
| 10 | R$ 49,27 | R$ 6,61 | R$ 2,48 | R$ 47,91 | R$ 6,99 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,38 | R$ 2,48 | R$ 47,91 | R$ 6,99 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,38 | R$ 2,48 | R$ 47,91 | R$ 6,99 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,38 | R$ 2,48 |

**Trecho 2**

| Ano | Caso base | | | P1 | | | Caso base - P1 | | | P2 | | | Caso base - P2 | | | P3 | | | Caso base - P3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Custo Operacional | Tempo de Viagem | Acidentes | Custo Operacional | Tempo de Viagem | Acidentes | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Custo Operacional | Tempo de Viagem | Acidentes | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Custo Operacional | Tempo de Viagem | Acidentes | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes |
| 1 | R$ 9,42 | R$ 1,76 | R$ 0,40 | R$ 9,42 | R$ 1,76 | R$ 0,40 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 9,42 | R$ 1,76 | R$ 0,40 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 9,42 | R$ 1,76 | R$ 0,40 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 |
| 2 | R$ 10,13 | R$ 1,83 | R$ 0,43 | R$ 10,03 | R$ 1,83 | R$ 0,43 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 10,03 | R$ 1,83 | R$ 0,43 | R$ 0,09 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 10,13 | R$ 1,83 | R$ 0,43 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 |
| 3 | R$ 10,92 | R$ 1,91 | R$ 0,47 | R$ 10,54 | R$ 3,19 | R$ 0,00 | R$ 0,38 | -R$ 1,28 | R$ 0,47 | R$ 10,58 | R$ 2,23 | R$ 0,00 | R$ 0,33 | -R$ 0,32 | R$ 0,47 | R$ 10,92 | R$ 1,91 | R$ 0,47 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 |
| 4 | R$ 11,77 | R$ 2,00 | R$ 0,51 | R$ 11,33 | R$ 3,31 | R$ 0,00 | R$ 0,44 | -R$ 1,31 | R$ 0,51 | R$ 11,37 | R$ 2,32 | R$ 0,00 | R$ 0,40 | -R$ 0,32 | R$ 0,51 | R$ 11,77 | R$ 2,00 | R$ 0,51 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 |
| 5 | R$ 12,69 | R$ 2,10 | R$ 0,55 | R$ 12,20 | R$ 3,44 | R$ 0,00 | R$ 0,49 | -R$ 1,34 | R$ 0,55 | R$ 12,27 | R$ 2,41 | R$ 0,00 | R$ 0,42 | -R$ 0,31 | R$ 0,55 | R$ 12,69 | R$ 2,10 | R$ 0,55 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 |
| 6 | R$ 13,68 | R$ 2,22 | R$ 0,60 | R$ 13,17 | R$ 3,58 | R$ 0,00 | R$ 0,51 | -R$ 1,36 | R$ 0,60 | R$ 13,26 | R$ 2,51 | R$ 0,00 | R$ 0,42 | -R$ 0,29 | R$ 0,60 | R$ 13,68 | R$ 2,22 | R$ 0,60 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 |
| 7 | R$ 14,74 | R$ 2,37 | R$ 0,66 | R$ 14,24 | R$ 3,74 | R$ 0,00 | R$ 0,50 | -R$ 1,36 | R$ 0,66 | R$ 14,34 | R$ 2,62 | R$ 0,00 | R$ 0,40 | -R$ 0,25 | R$ 0,66 | R$ 14,65 | R$ 2,33 | R$ 0,66 | R$ 0,08 | R$ 0,05 | R$ 0,00 |
| 8 | R$ 15,87 | R$ 2,56 | R$ 0,71 | R$ 15,42 | R$ 3,91 | R$ 0,00 | R$ 0,46 | -R$ 1,34 | R$ 0,71 | R$ 15,51 | R$ 2,75 | R$ 0,00 | R$ 0,36 | -R$ 0,18 | R$ 0,71 | R$ 15,34 | R$ 2,73 | R$ 0,00 | R$ 0,54 | -R$ 0,17 | R$ 0,71 |
| 9 | R$ 17,10 | R$ 2,80 | R$ 0,78 | R$ 16,74 | R$ 4,10 | R$ 0,00 | R$ 0,37 | -R$ 1,30 | R$ 0,78 | R$ 16,79 | R$ 2,90 | R$ 0,00 | R$ 0,31 | -R$ 0,10 | R$ 0,78 | R$ 16,60 | R$ 2,87 | R$ 0,00 | R$ 0,51 | -R$ 0,06 | R$ 0,78 |
| 10 | R$ 18,46 | R$ 3,10 | R$ 0,85 | R$ 18,23 | R$ 4,32 | R$ 0,00 | R$ 0,23 | -R$ 1,22 | R$ 0,85 | R$ 18,19 | R$ 3,09 | R$ 0,00 | R$ 0,27 | R$ 0,00 | R$ 0,85 | R$ 17,96 | R$ 3,02 | R$ 0,00 | R$ 0,50 | R$ 0,08 | R$ 0,85 |

**Trecho 3**

| Ano | Caso base | | | P1 | | | Caso base - P1 | | | P2 | | | Caso base - P2 | | | P3 | | | Caso base - P3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Custo Operacional | Tempo de Viagem | Acidentes | Custo Operacional | Tempo de Viagem | Acidentes | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Custo Operacional | Tempo de Viagem | Acidentes | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Custo Operacional | Tempo de Viagem | Acidentes | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes |
| 1 | R$ 36,40 | R$ 5,09 | R$ 1,65 | R$ 36,40 | R$ 5,09 | R$ 1,65 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 36,40 | R$ 5,09 | R$ 1,65 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 36,40 | R$ 5,09 | R$ 1,65 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 |
| 2 | R$ 39,05 | R$ 5,35 | R$ 1,79 | R$ 39,00 | R$ 5,35 | R$ 1,79 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 39,00 | R$ 5,35 | R$ 1,79 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 39,00 | R$ 5,35 | R$ 1,79 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 |
| 3 | R$ 42,02 | R$ 5,65 | R$ 1,95 | R$ 41,47 | R$ 6,38 | R$ 0,00 | R$ 0,55 | -R$ 0,73 | R$ 1,95 | R$ 41,82 | R$ 5,64 | R$ 1,95 | R$ 0,20 | R$ 0,01 | R$ 0,00 | R$ 41,47 | R$ 6,38 | R$ 0,00 | R$ 0,55 | -R$ 0,73 | R$ 1,95 |
| 4 | R$ 45,51 | R$ 5,97 | R$ 2,12 | R$ 44,57 | R$ 6,70 | R$ 0,00 | R$ 0,94 | -R$ 0,73 | R$ 2,12 | R$ 46,70 | R$ 5,43 | R$ 0,00 | -R$ 1,19 | R$ 0,54 | R$ 2,12 | R$ 44,57 | R$ 6,70 | R$ 0,00 | R$ 0,94 | -R$ 0,73 | R$ 2,12 |
| 5 | R$ 49,37 | R$ 6,33 | R$ 2,31 | R$ 47,96 | R$ 7,05 | R$ 0,00 | R$ 1,41 | -R$ 0,72 | R$ 2,31 | R$ 50,21 | R$ 5,75 | R$ 0,00 | -R$ 0,83 | R$ 0,59 | R$ 2,31 | R$ 47,96 | R$ 7,05 | R$ 0,00 | R$ 1,41 | -R$ 0,72 | R$ 2,31 |
| 6 | R$ 53,56 | R$ 6,75 | R$ 2,52 | R$ 51,70 | R$ 7,44 | R$ 0,00 | R$ 1,87 | -R$ 0,69 | R$ 2,52 | R$ 54,04 | R$ 6,09 | R$ 0,00 | -R$ 0,48 | R$ 0,65 | R$ 2,52 | R$ 51,63 | R$ 7,44 | R$ 0,00 | R$ 1,94 | -R$ 0,69 | R$ 2,52 |
| 7 | R$ 58,08 | R$ 7,22 | R$ 2,75 | R$ 55,86 | R$ 7,86 | R$ 0,00 | R$ 2,23 | -R$ 0,64 | R$ 2,75 | R$ 58,23 | R$ 6,47 | R$ 0,00 | -R$ 0,15 | R$ 0,75 | R$ 2,75 | R$ 55,63 | R$ 7,86 | R$ 0,00 | R$ 2,45 | -R$ 0,63 | R$ 2,75 |
| 8 | R$ 62,97 | R$ 7,79 | R$ 3,00 | R$ 59,83 | R$ 8,31 | R$ 0,00 | R$ 3,14 | -R$ 0,52 | R$ 3,00 | R$ 62,83 | R$ 6,89 | R$ 0,00 | R$ 0,14 | R$ 0,90 | R$ 3,00 | R$ 63,05 | R$ 6,82 | R$ 0,00 | -R$ 0,08 | R$ 0,97 | R$ 3,00 |
| 9 | R$ 68,24 | R$ 8,49 | R$ 3,28 | R$ 64,61 | R$ 8,81 | R$ 0,00 | R$ 3,64 | -R$ 0,32 | R$ 3,28 | R$ 67,89 | R$ 7,35 | R$ 0,00 | R$ 0,36 | R$ 1,14 | R$ 3,28 | R$ 68,06 | R$ 7,28 | R$ 0,00 | R$ 0,18 | R$ 1,21 | R$ 3,28 |
| 10 | R$ 73,92 | R$ 9,35 | R$ 3,58 | R$ 69,83 | R$ 9,36 | R$ 0,00 | R$ 4,08 | -R$ 0,01 | R$ 3,58 | R$ 73,52 | R$ 7,86 | R$ 0,00 | R$ 0,40 | R$ 1,49 | R$ 3,58 | R$ 73,56 | R$ 7,78 | R$ 0,00 | R$ 0,36 | R$ 1,57 | R$ 3,58 |

Tabela 24. Trecho 1 - Formação do fluxo de caixa e indicadores de viabilidade econômica

| Projeto 1 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | Custos | | | Benefícios da Sociedade (R$ milhões) | | | | | | Indicadores | |
| | Construção | Manutenção | Total Custos | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Emissões | Soma Benefícios | Benefícios - Custos | | |
| 1 | -R$ 2,04 | R$ 0,00 | -R$ 2,04 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 2,04 | TMA | 8,75% |
| 2 | -R$ 2,04 | -R$ 1,79 | -R$ 3,83 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 3,83 | VPL | R$ 5,03 |
| 3 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,29 | -R$ 0,58 | R$ 1,34 | R$ 0,0002 | R$ 1,05 | R$ 1,05 | TIR | 24,81% |
| 4 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,48 | -R$ 0,59 | R$ 1,46 | R$ 0,0002 | R$ 1,36 | R$ 1,36 | Relação B/C | 1,98 |
| 5 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,73 | -R$ 0,58 | R$ 1,60 | R$ 0,0002 | R$ 1,74 | R$ 1,74 | | |
| 6 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,99 | -R$ 0,58 | R$ 1,74 | R$ 0,0002 | R$ 2,15 | R$ 2,15 | | |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,22 | -R$ 0,56 | R$ 1,90 | R$ 0,0002 | R$ 2,56 | R$ 2,56 | | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,53 | R$ 2,08 | R$ 0,0002 | R$ 2,91 | R$ 2,91 | | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,39 | -R$ 0,47 | R$ 2,27 | R$ 0,0002 | R$ 3,19 | R$ 3,19 | | |
| 10 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | -R$ 0,38 | R$ 2,48 | R$ 0,0001 | R$ 3,46 | R$ 3,46 | | |

| Projeto 2 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | Custos | | | Benefícios da Sociedade (R$ milhões) | | | | | | Indicadores | |
| | Construção | Manutenção | Total Custos | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Emissões | Soma Benefícios | Benefícios - Custos | | |
| 1 | -R$ 0,68 | R$ 0,00 | -R$ 0,68 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 0,68 | TMA | 8,75% |
| 2 | -R$ 0,68 | -R$ 1,79 | -R$ 2,47 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 2,47 | VPL | R$ 0,72 |
| 3 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,87 | -R$ 2,65 | R$ 1,34 | R$ 0,0005 | -R$ 0,43 | -R$ 0,43 | TIR | 11,66% |
| 4 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,16 | -R$ 2,75 | R$ 1,46 | R$ 0,0005 | -R$ 0,13 | -R$ 0,13 | Relação B/C | 1,14 |
| 5 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,51 | -R$ 2,86 | R$ 1,60 | R$ 0,0006 | R$ 0,24 | R$ 0,24 | | |
| 6 | -R$ 2,04 | R$ 0,00 | -R$ 2,04 | R$ 1,87 | -R$ 2,99 | R$ 1,74 | R$ 0,0006 | R$ 0,62 | -R$ 1,42 | | |
| 7 | -R$ 2,04 | R$ 0,00 | -R$ 2,04 | R$ 2,29 | -R$ 3,12 | R$ 1,90 | R$ 0,0035 | R$ 1,08 | -R$ 0,96 | | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,57 | -R$ 0,46 | R$ 2,08 | R$ 0,0002 | R$ 3,19 | R$ 3,19 | | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,78 | -R$ 0,40 | R$ 2,27 | R$ 0,0002 | R$ 3,65 | R$ 3,65 | | |
| 10 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,86 | -R$ 0,30 | R$ 2,48 | R$ 0,0001 | R$ 4,04 | R$ 4,04 | | |

| Projeto 3 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | Custos | | | Benefícios da Sociedade (R$ milhões) | | | | | | Indicadores | |
| | Construção | Manutenção | Total Custos | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Emissões | Soma Benefícios | Benefícios - Custos | | |
| 1 | -R$ 0,68 | R$ 0,00 | -R$ 0,68 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 0,68 | TMA | 8,75% |
| 2 | -R$ 0,68 | R$ 0,00 | -R$ 0,68 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 0,68 | VPL | R$ 0,29 |
| 3 | R$ 0,00 | -R$ 2,82 | -R$ 2,82 | R$ 0,07 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,07 | -R$ 2,75 | TIR | 10,30% |
| 4 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,16 | -R$ 2,75 | R$ 1,46 | R$ 0,0005 | -R$ 0,13 | -R$ 0,13 | Relação B/C | 1,09 |
| 5 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,52 | -R$ 2,86 | R$ 1,60 | R$ 0,0006 | R$ 0,26 | R$ 0,26 | | |
| 6 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,90 | -R$ 2,99 | R$ 1,74 | R$ 0,0006 | R$ 0,66 | R$ 0,66 | | |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 2,28 | -R$ 3,12 | R$ 1,90 | R$ 0,0006 | R$ 1,07 | R$ 1,07 | | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 2,63 | -R$ 3,25 | R$ 2,08 | R$ 0,0007 | R$ 1,46 | R$ 1,46 | | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 2,92 | -R$ 3,37 | R$ 2,27 | R$ 0,0007 | R$ 1,83 | R$ 1,83 | | |
| 10 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 3,19 | -R$ 3,47 | R$ 2,48 | R$ 0,0007 | R$ 2,21 | R$ 2,21 | | |

Tabela 25. Trecho 2 - Formação do fluxo de caixa e indicadores de viabilidade econômica

| Projeto 1 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | Custos | | | Benefícios da Sociedade (R$ milhões) | | | | | | Indicadores | |
| | Construção | Manutenção | Total Custos | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Emissões | Soma Benefícios | Benefícios - Custos | | |
| 1 | -R$ 0,26 | R$ 0,00 | -R$ 0,26 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 0,26 | TMA | 8,75% |
| 2 | -R$ 0,26 | -R$ 0,67 | -R$ 0,92 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 0,92 | VPL | -R$ 2,29 |
| 3 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,38 | -R$ 1,28 | R$ 0,47 | R$ 0,0002 | -R$ 0,43 | -R$ 0,43 | TIR | #NÚM! |
| 4 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,44 | -R$ 1,31 | R$ 0,51 | R$ 0,0002 | -R$ 0,36 | -R$ 0,36 | Relação B/C | -1,25 |
| 5 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,49 | -R$ 1,34 | R$ 0,55 | R$ 0,0002 | -R$ 0,30 | -R$ 0,30 | | |
| 6 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,51 | -R$ 1,36 | R$ 0,60 | R$ 0,0002 | -R$ 0,25 | -R$ 0,25 | | |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,50 | -R$ 1,36 | R$ 0,66 | R$ 0,0002 | -R$ 0,21 | -R$ 0,21 | | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,46 | -R$ 1,34 | R$ 0,71 | R$ 0,0002 | -R$ 0,18 | -R$ 0,18 | | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,37 | -R$ 1,30 | R$ 0,78 | R$ 0,0001 | -R$ 0,15 | -R$ 0,15 | | |
| 10 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,23 | -R$ 1,22 | R$ 0,85 | R$ 0,0001 | -R$ 0,14 | -R$ 0,14 | | |

| Projeto 2 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | Custos | | | Benefícios da Sociedade (R$ milhões) | | | | | | Indicadores | |
| | Construção | Manutenção | Total Custos | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Emissões | Soma Benefícios | Benefícios - Custos | | |
| 1 | -R$ 0,77 | R$ 0,00 | -R$ 0,77 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 0,77 | TMA | 8,75% |
| 2 | -R$ 0,77 | -R$ 0,67 | -R$ 1,43 | R$ 0,09 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,10 | -R$ 1,34 | VPL | R$ 1,71 |
| 3 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,33 | -R$ 0,32 | R$ 0,47 | R$ 0,0001 | R$ 0,48 | R$ 0,48 | TIR | 25,13% |
| 4 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,40 | -R$ 0,32 | R$ 0,51 | R$ 0,0001 | R$ 0,59 | R$ 0,59 | Relação B/C | 1,89 |
| 5 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,42 | -R$ 0,31 | R$ 0,55 | R$ 0,0001 | R$ 0,67 | R$ 0,67 | | |
| 6 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,42 | -R$ 0,29 | R$ 0,60 | R$ 0,0001 | R$ 0,74 | R$ 0,74 | | |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,40 | -R$ 0,25 | R$ 0,66 | R$ 0,0001 | R$ 0,81 | R$ 0,81 | | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,36 | -R$ 0,18 | R$ 0,71 | R$ 0,0000 | R$ 0,89 | R$ 0,89 | | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,31 | -R$ 0,10 | R$ 0,78 | R$ 0,0000 | R$ 0,99 | R$ 0,99 | | |
| 10 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,27 | R$ 0,00 | R$ 0,85 | R$ 0,0000 | R$ 1,12 | R$ 1,12 | | |

| Projeto 3 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | Custos | | | Benefícios da Sociedade (R$ milhões) | | | | | | Indicadores | |
| | Construção | Manutenção | Total Custos | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Emissões | Soma Benefícios | Benefícios - Custos | | |
| 1 | -R$ 0,30 | R$ 0,00 | -R$ 0,30 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 0,30 | TMA | 8,75% |
| 2 | -R$ 0,30 | R$ 0,00 | -R$ 0,30 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 0,30 | VPL | R$ 0,14 |
| 3 | -R$ 0,77 | R$ 0,00 | -R$ 0,77 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 0,77 | TIR | 10,23% |
| 4 | -R$ 0,77 | R$ 0,00 | -R$ 0,77 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 0,77 | Relação B/C | 1,09 |
| 5 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | | |
| 6 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | | |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,08 | R$ 0,05 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,13 | R$ 0,13 | | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,54 | -R$ 0,17 | R$ 0,71 | R$ 0,0000 | R$ 1,08 | R$ 1,08 | | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,51 | -R$ 0,06 | R$ 0,78 | R$ 0,0000 | R$ 1,22 | R$ 1,22 | | |
| 10 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,50 | R$ 0,08 | R$ 0,85 | R$ 0,0000 | R$ 1,42 | R$ 1,42 | | |

Tabela 26. Trecho 3 - Formação do fluxo de caixa e indicadores de viabilidade econômica

| Projeto 1 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | Custos | | | Benefícios da Sociedade (R$ milhões) | | | | | | Indicadores | |
| | Construção | Manutenção | Total Custos | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Emissões | Soma Benefícios | Benefícios - Custos | | |
| 1 | -R$ 2,55 | R$ 0,00 | -R$ 2,55 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 2,55 | TMA | 8,75% |
| 2 | -R$ 2,55 | -R$ 2,32 | -R$ 4,87 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 4,87 | VPL | R$ 5,69 |
| 3 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,55 | -R$ 0,73 | R$ 1,95 | R$ 0,0004 | R$ 1,78 | R$ 1,78 | TIR | 23,14% |
| 4 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,94 | -R$ 0,73 | R$ 2,12 | R$ 0,0004 | R$ 2,34 | R$ 2,34 | Relação B/C | 1,43 |
| 5 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,41 | -R$ 0,72 | R$ 2,31 | R$ 0,0004 | R$ 3,00 | R$ 3,00 | | |
| 6 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 1,87 | -R$ 0,69 | R$ 2,52 | R$ 0,0004 | R$ 3,69 | R$ 3,69 | | |
| 7 | R$ 0,00 | -R$ 12,23 | -R$ 12,23 | R$ 2,23 | -R$ 0,64 | R$ 2,75 | R$ 0,0004 | R$ 4,34 | -R$ 7,89 | | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 3,14 | -R$ 0,52 | R$ 3,00 | R$ 0,0004 | R$ 5,62 | R$ 5,62 | | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 3,64 | -R$ 0,32 | R$ 3,28 | R$ 0,0003 | R$ 6,59 | R$ 6,59 | | |
| 10 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 4,08 | -R$ 0,01 | R$ 3,58 | R$ 0,0001 | R$ 7,65 | R$ 7,65 | | |

| Projeto 2 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | Custos | | | Benefícios da Sociedade (R$ milhões) | | | | | | Indicadores | |
| | Construção | Manutenção | Total Custos | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Emissões | Soma Benefícios | Benefícios - Custos | | |
| 1 | -R$ 4,05 | R$ 0,00 | -R$ 4,05 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 4,05 | TMA | 8,75% |
| 2 | -R$ 3,93 | R$ 0,00 | -R$ 3,93 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 3,92 | VPL | R$ 0,85 |
| 3 | -R$ 3,93 | -R$ 2,32 | -R$ 6,25 | R$ 0,20 | R$ 0,01 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,20 | -R$ 6,04 | TIR | 10,16% |
| 4 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | -R$ 1,19 | R$ 0,54 | R$ 2,12 | R$ 0,0000 | R$ 1,48 | R$ 1,48 | Relação B/C | 1,07 |
| 5 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | -R$ 0,83 | R$ 0,59 | R$ 2,31 | R$ 0,0000 | R$ 2,07 | R$ 2,07 | | |
| 6 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | -R$ 0,48 | R$ 0,65 | R$ 2,52 | R$ 0,0000 | R$ 2,70 | R$ 2,70 | | |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | -R$ 0,15 | R$ 0,75 | R$ 2,75 | R$ 0,0000 | R$ 3,35 | R$ 3,35 | | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,14 | R$ 0,90 | R$ 3,00 | R$ 0,0000 | R$ 4,04 | R$ 4,04 | | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,36 | R$ 1,14 | R$ 3,28 | R$ 0,0000 | R$ 4,77 | R$ 4,77 | | |
| 10 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,40 | R$ 1,49 | R$ 3,58 | R$ 0,0000 | R$ 5,47 | R$ 5,47 | | |

| Projeto 3 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | Custos | | | Benefícios da Sociedade (R$ milhões) | | | | | | Indicadores | |
| | Construção | Manutenção | Total Custos | Redução Custo Operacional | Redução Tempo de Viagem | Redução Acidentes | Emissões | Soma Benefícios | Benefícios - Custos | | |
| 1 | -R$ 2,55 | R$ 0,00 | -R$ 2,55 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 2,55 | TMA | 8,75% |
| 2 | -R$ 2,55 | R$ 0,00 | -R$ 2,55 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,0000 | R$ 0,00 | -R$ 2,55 | VPL | R$ 2,25 |
| 3 | R$ 0,00 | -R$ 2,32 | -R$ 2,32 | R$ 0,55 | -R$ 0,73 | R$ 1,95 | R$ 0,0000 | R$ 1,78 | -R$ 0,54 | TIR | 13,94% |
| 4 | -R$ 4,05 | R$ 0,00 | -R$ 4,05 | R$ 0,94 | -R$ 0,73 | R$ 2,12 | R$ 0,0004 | R$ 2,34 | -R$ 1,71 | Relação B/C | 1,16 |
| 5 | -R$ 3,93 | R$ 0,00 | -R$ 3,93 | R$ 1,41 | -R$ 0,72 | R$ 2,31 | R$ 0,0004 | R$ 3,00 | -R$ 0,92 | | |
| 6 | -R$ 3,93 | R$ 0,00 | -R$ 3,93 | R$ 1,94 | -R$ 0,69 | R$ 2,52 | R$ 0,0004 | R$ 3,77 | -R$ 0,16 | | |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 2,45 | -R$ 0,63 | R$ 2,75 | R$ 0,0000 | R$ 4,57 | R$ 4,57 | | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | -R$ 0,08 | R$ 0,97 | R$ 3,00 | R$ 0,0000 | R$ 3,89 | R$ 3,89 | | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,18 | R$ 1,21 | R$ 3,28 | R$ 0,0000 | R$ 4,67 | R$ 4,67 | | |
| 10 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,36 | R$ 1,57 | R$ 3,58 | R$ 0,0000 | R$ 5,51 | R$ 5,51 | | |

ANEXO C – Cálculo do ano ótimo de abertura

Tabela 27 – Trecho 1: Cálculo do ano ótimo de abertura

| Projeto 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | TMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | | | Adiamento | | | | | | | | | | | | | | 8,75% |
| | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | |
| | Total Custos | Soma Benefícios | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos |
| 0 | -R$ 2,04 | R$ 0,00 | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 1 | -R$ 3,83 | R$ 0,00 | -R$ 1,88 | R$ 0,00 | | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 2 | R$ 0,00 | R$ 1,05 | -R$ 3,24 | R$ 0,89 | | -R$ 1,72 | R$ 0,89 | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 3 | R$ 0,00 | R$ 1,36 | R$ 0,00 | R$ 1,05 | | -R$ 2,98 | R$ 1,05 | | -R$ 1,59 | R$ 1,05 | | - | - | | - | - | |
| 4 | R$ 0,00 | R$ 1,74 | R$ 0,00 | R$ 1,25 | | R$ 0,00 | R$ 1,25 | | -R$ 2,74 | R$ 1,25 | | -R$ 1,46 | R$ 1,25 | | - | - | |
| 5 | R$ 0,00 | R$ 2,15 | R$ 0,00 | R$ 1,41 | | R$ 0,00 | R$ 1,41 | | R$ 0,00 | R$ 1,41 | | -R$ 2,52 | R$ 1,41 | | -R$ 1,34 | R$ 1,41 | |
| 6 | R$ 0,00 | R$ 2,56 | R$ 0,00 | R$ 1,55 | | R$ 0,00 | R$ 1,55 | | R$ 0,00 | R$ 1,55 | | R$ 0,00 | R$ 1,55 | | -R$ 2,32 | R$ 1,55 | |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 2,91 | R$ 0,00 | R$ 1,62 | | R$ 0,00 | R$ 1,62 | | R$ 0,00 | R$ 1,62 | | R$ 0,00 | R$ 1,62 | | R$ 0,00 | R$ 1,62 | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 3,19 | R$ 0,00 | R$ 1,63 | | R$ 0,00 | R$ 1,63 | | R$ 0,00 | R$ 1,63 | | R$ 0,00 | R$ 1,63 | | R$ 0,00 | R$ 1,63 | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 3,46 | R$ 0,00 | R$ 1,63 | | R$ 0,00 | R$ 1,63 | | R$ 0,00 | R$ 1,63 | | R$ 0,00 | R$ 1,63 | | R$ 0,00 | R$ 1,63 | |
| **VPL** | -R$ 5,11 | R$ 10,14 | -R$ 5,11 | R$ 11,03 | R$ 0,89 | -R$ 4,70 | R$ 11,03 | R$ 0,47 | -R$ 4,32 | R$ 10,14 | -R$ 0,79 | -R$ 3,98 | R$ 9,08 | -R$ 2,20 | -R$ 3,66 | R$ 7,84 | -R$ 3,76 |

| Projeto 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | TMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | | | Adiamento | | | | | | | | | | | | | | 8,75% |
| | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | |
| | Total Custos | Soma Benefícios | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos |
| 0 | -R$ 0,68 | R$ 0,00 | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 1 | -R$ 2,47 | R$ 0,00 | -R$ 0,63 | R$ 0,00 | | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 2 | R$ 0,00 | -R$ 0,43 | -R$ 2,09 | -R$ 0,37 | | -R$ 0,63 | -R$ 0,37 | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 3 | R$ 0,00 | -R$ 0,13 | R$ 0,00 | -R$ 0,10 | | -R$ 2,09 | -R$ 0,10 | | -R$ 0,53 | -R$ 0,10 | | - | - | | - | - | |
| 4 | R$ 0,00 | R$ 0,24 | R$ 0,00 | R$ 0,18 | | R$ 0,00 | R$ 0,18 | | -R$ 1,77 | R$ 0,18 | | -R$ 0,49 | R$ 0,18 | | - | - | |
| 5 | -R$ 2,04 | R$ 0,62 | R$ 0,00 | R$ 0,41 | | R$ 0,00 | R$ 0,41 | | R$ 0,00 | R$ 0,41 | | -R$ 1,62 | R$ 0,41 | | -R$ 0,45 | R$ 0,41 | |
| 6 | -R$ 2,04 | R$ 1,08 | -R$ 1,23 | R$ 0,65 | | R$ 0,00 | R$ 0,65 | | R$ 0,00 | R$ 0,65 | | R$ 0,00 | R$ 0,65 | | -R$ 1,49 | R$ 0,65 | |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 3,19 | -R$ 1,13 | R$ 1,77 | | -R$ 1,23 | R$ 1,77 | | R$ 0,00 | R$ 1,77 | | R$ 0,00 | R$ 1,77 | | R$ 0,00 | R$ 1,77 | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 3,65 | R$ 0,00 | R$ 1,87 | | -R$ 1,13 | R$ 1,87 | | -R$ 1,04 | R$ 1,87 | | R$ 0,00 | R$ 1,87 | | R$ 0,00 | R$ 1,87 | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 4,04 | R$ 0,00 | R$ 1,90 | | R$ 0,00 | R$ 1,90 | | -R$ 0,96 | R$ 1,90 | | -R$ 0,96 | R$ 1,90 | | R$ 0,00 | R$ 1,90 | |
| VPL | -R$ 5,08 | R$ 5,81 | -R$ 5,08 | R$ 6,31 | R$ 0,51 | -R$ 5,08 | R$ 6,31 | R$ 0,51 | -R$ 4,30 | R$ 6,68 | R$ 0,09 | -R$ 3,07 | R$ 6,78 | -R$ 1,04 | -R$ 1,94 | R$ 6,60 | -R$ 2,34 |

| Projeto 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | TMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | | | Adiamento | | | | | | | | | | | | | | 8,75% |
| | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | |
| | Total Custos | Soma Benefícios | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos |
| 0 | -R$ 0,68 | R$ 0,00 | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 1 | -R$ 0,68 | R$ 0,00 | -R$ 0,63 | R$ 0,00 | | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 2 | -R$ 2,82 | R$ 0,07 | -R$ 0,57 | R$ 0,06 | | -R$ 0,63 | R$ 0,06 | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 3 | R$ 0,00 | -R$ 0,13 | -R$ 2,19 | -R$ 0,10 | | -R$ 0,57 | -R$ 0,10 | | -R$ 0,53 | -R$ 0,10 | | - | - | | - | - | |
| 4 | R$ 0,00 | R$ 0,26 | R$ 0,00 | R$ 0,18 | | -R$ 2,19 | R$ 0,18 | | -R$ 0,49 | R$ 0,18 | | -R$ 0,49 | R$ 0,18 | | - | - | |
| 5 | R$ 0,00 | R$ 0,66 | R$ 0,00 | R$ 0,43 | | R$ 0,00 | R$ 0,43 | | -R$ 1,85 | R$ 0,43 | | -R$ 0,45 | R$ 0,43 | | -R$ 0,45 | R$ 0,43 | |
| 6 | R$ 0,00 | R$ 1,07 | R$ 0,00 | R$ 0,64 | | R$ 0,00 | R$ 0,64 | | R$ 0,00 | R$ 0,64 | | -R$ 1,70 | R$ 0,64 | | -R$ 0,41 | R$ 0,64 | |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 1,46 | R$ 0,00 | R$ 0,81 | | R$ 0,00 | R$ 0,81 | | R$ 0,00 | R$ 0,81 | | R$ 0,00 | R$ 0,81 | | -R$ 1,57 | R$ 0,81 | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 1,83 | R$ 0,00 | R$ 0,93 | | R$ 0,00 | R$ 0,93 | | R$ 0,00 | R$ 0,93 | | R$ 0,00 | R$ 0,93 | | R$ 0,00 | R$ 0,93 | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 2,21 | R$ 0,00 | R$ 1,04 | | R$ 0,00 | R$ 1,04 | | R$ 0,00 | R$ 1,04 | | R$ 0,00 | R$ 1,04 | | R$ 0,00 | R$ 1,04 | |
| VPL | -R$ 3,39 | R$ 3,68 | -R$ 3,39 | R$ 4,01 | R$ 0,32 | -R$ 3,39 | R$ 4,01 | R$ 0,32 | -R$ 2,87 | R$ 3,95 | -R$ 0,26 | -R$ 2,64 | R$ 4,05 | -R$ 0,39 | -R$ 2,43 | R$ 3,86 | -R$ 0,79 |

Tabela 28. Trecho 2 - Cálculo do ano ótimo de abertura

| Projeto 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | TMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | | | Adiamento | | | | | | | | | | | | | | 8,75% |
| | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | |
| | Total Custos | Soma Benefícios | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos |
| 0 | -R$ 0,77 | R$ 0,00 | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 1 | -R$ 1,43 | R$ 0,10 | -R$ 0,70 | R$ 0,09 | | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 2 | R$ 0,00 | R$ 0,48 | -R$ 1,21 | R$ 0,41 | | -R$ 0,70 | R$ 0,41 | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 3 | R$ 0,00 | R$ 0,59 | R$ 0,00 | R$ 0,46 | | -R$ 1,21 | R$ 0,46 | | -R$ 0,59 | R$ 0,46 | | - | - | | - | - | |
| 4 | R$ 0,00 | R$ 0,67 | R$ 0,00 | R$ 0,48 | | R$ 0,00 | R$ 0,48 | | -R$ 1,02 | R$ 0,48 | | -R$ 0,55 | R$ 0,48 | | - | - | |
| 5 | R$ 0,00 | R$ 0,74 | R$ 0,00 | R$ 0,49 | | R$ 0,00 | R$ 0,49 | | R$ 0,00 | R$ 0,49 | | -R$ 0,94 | R$ 0,49 | | -R$ 0,50 | R$ 0,49 | |
| 6 | R$ 0,00 | R$ 0,81 | R$ 0,00 | R$ 0,49 | | R$ 0,00 | R$ 0,49 | | R$ 0,00 | R$ 0,49 | | R$ 0,00 | R$ 0,49 | | -R$ 0,87 | R$ 0,49 | |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 0,89 | R$ 0,00 | R$ 0,50 | | R$ 0,00 | R$ 0,50 | | R$ 0,00 | R$ 0,50 | | R$ 0,00 | R$ 0,50 | | R$ 0,00 | R$ 0,50 | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 0,99 | R$ 0,00 | R$ 0,51 | | R$ 0,00 | R$ 0,51 | | R$ 0,00 | R$ 0,51 | | R$ 0,00 | R$ 0,51 | | R$ 0,00 | R$ 0,51 | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 1,12 | R$ 0,00 | R$ 0,53 | | R$ 0,00 | R$ 0,53 | | R$ 0,00 | R$ 0,53 | | R$ 0,00 | R$ 0,53 | | R$ 0,00 | R$ 0,53 | |
| VPL | -R$ 1,92 | R$ 3,62 | -R$ 1,92 | R$ 3,94 | R$ 0,32 | -R$ 1,92 | R$ 3,85 | R$ 0,23 | -R$ 1,62 | R$ 3,44 | -R$ 0,48 | -R$ 1,49 | R$ 2,98 | -R$ 1,06 | -R$ 1,37 | R$ 2,51 | -R$ 1,66 |

| Projeto 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | TMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | | | Adiamento | | | | | | | | | | | | | | 8,75% |
| | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | |
| | Total Custos | Soma Benefícios | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos |
| 0 | -R$ 0,30 | R$ 0,00 | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 1 | -R$ 0,30 | R$ 0,00 | -R$ 0,28 | R$ 0,00 | | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 2 | -R$ 0,77 | R$ 0,00 | -R$ 0,25 | R$ 0,00 | | -R$ 0,28 | R$ 0,00 | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 3 | -R$ 0,77 | R$ 0,00 | -R$ 0,59 | R$ 0,00 | | -R$ 0,25 | R$ 0,00 | | -R$ 0,23 | R$ 0,00 | | - | - | | - | - | |
| 4 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | -R$ 0,55 | R$ 0,00 | | -R$ 0,59 | R$ 0,00 | | -R$ 0,21 | R$ 0,00 | | -R$ 0,21 | R$ 0,00 | | - | - | |
| 5 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | R$ 0,00 | | -R$ 0,55 | R$ 0,00 | | -R$ 0,50 | R$ 0,00 | | -R$ 0,20 | R$ 0,00 | | -R$ 0,20 | R$ 0,00 | |
| 6 | R$ 0,00 | R$ 0,13 | R$ 0,00 | R$ 0,08 | | R$ 0,00 | R$ 0,08 | | -R$ 0,46 | R$ 0,08 | | -R$ 0,46 | R$ 0,08 | | -R$ 0,18 | R$ 0,08 | |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 1,08 | R$ 0,00 | R$ 0,60 | | R$ 0,00 | R$ 0,60 | | R$ 0,00 | R$ 0,60 | | -R$ 0,43 | R$ 0,60 | | -R$ 0,43 | R$ 0,60 | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 1,22 | R$ 0,00 | R$ 0,63 | | R$ 0,00 | R$ 0,63 | | R$ 0,00 | R$ 0,63 | | R$ 0,00 | R$ 0,63 | | -R$ 0,39 | R$ 0,63 | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 1,42 | R$ 0,00 | R$ 0,67 | | R$ 0,00 | R$ 0,67 | | R$ 0,00 | R$ 0,67 | | R$ 0,00 | R$ 0,67 | | R$ 0,00 | R$ 0,67 | |
| VPL | -R$ 1,67 | R$ 1,82 | -R$ 1,67 | R$ 1,97 | R$ 0,16 | -R$ 1,67 | R$ 1,97 | R$ 0,16 | -R$ 1,41 | R$ 1,97 | -R$ 0,10 | -R$ 1,30 | R$ 1,97 | -R$ 0,21 | -R$ 1,19 | R$ 1,97 | -R$ 0,32 |

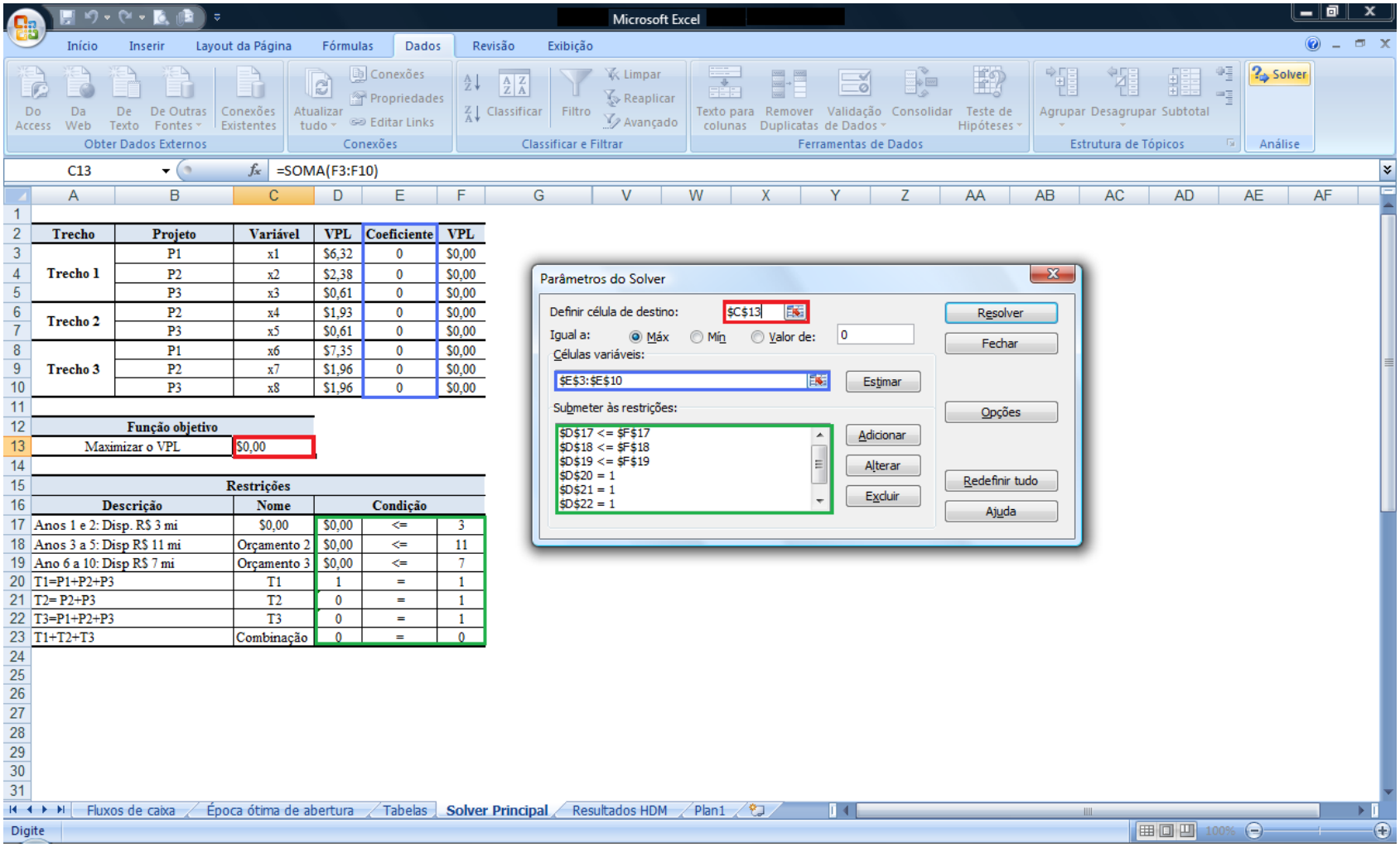
Tabela 29. Trecho 3 - Cálculo do ano ótimo de abertura

| Ano | Projeto 1 | | | | | | | | | | | | | | | | TMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Adiamento | | | | | | | | | | | | | | 8,75% |
| | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | |
| | Total Custos | Soma Benefícios | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos |
| 0 | -R$ 2,55 | R$ 0,00 | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 1 | -R$ 4,87 | R$ 0,00 | -R$ 2,34 | R$ 0,00 | | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 2 | R$ 0,00 | R$ 1,78 | -R$ 4,12 | R$ 1,50 | | -R$ 2,34 | R$ 1,50 | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 3 | R$ 0,00 | R$ 2,34 | R$ 0,00 | R$ 1,82 | | -R$ 4,12 | R$ 1,82 | | -R$ 1,98 | R$ 1,82 | | - | - | | - | - | |
| 4 | R$ 0,00 | R$ 3,00 | R$ 0,00 | R$ 2,15 | | R$ 0,00 | R$ 2,15 | | -R$ 3,48 | R$ 2,15 | | -R$ 1,82 | R$ 2,15 | | - | - | |
| 5 | R$ 0,00 | R$ 3,69 | R$ 0,00 | R$ 2,43 | | R$ 0,00 | R$ 2,43 | | R$ 0,00 | R$ 2,43 | | -R$ 3,20 | R$ 2,43 | | -R$ 1,68 | R$ 2,43 | |
| 6 | -R$ 12,23 | R$ 4,34 | R$ 0,00 | R$ 2,62 | | R$ 0,00 | R$ 2,62 | | R$ 0,00 | R$ 2,62 | | R$ 0,00 | R$ 2,62 | | -R$ 2,94 | R$ 2,62 | |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 5,62 | -R$ 6,80 | R$ 3,13 | | R$ 0,00 | R$ 3,13 | | R$ 0,00 | R$ 3,13 | | R$ 0,00 | R$ 3,13 | | R$ 0,00 | R$ 3,13 | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 6,59 | R$ 0,00 | R$ 3,37 | | -R$ 6,80 | R$ 3,37 | | R$ 0,00 | R$ 3,37 | | R$ 0,00 | R$ 3,37 | | R$ 0,00 | R$ 3,37 | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 7,65 | R$ 0,00 | R$ 3,60 | | R$ 0,00 | R$ 3,60 | | -R$ 5,75 | R$ 3,60 | | R$ 0,00 | R$ 3,60 | | R$ 0,00 | R$ 3,60 | |
| VPL | -R$ 13,26 | R$ 18,95 | -R$ 13,26 | R$ 20,61 | R$ 1,66 | -R$ 13,26 | R$ 20,61 | R$ 1,66 | -R$ 11,21 | R$ 19,10 | -R$ 1,89 | -R$ 5,02 | R$ 17,29 | -R$ 9,90 | -R$ 4,62 | R$ 15,14 | -R$ 12,45 |

| Ano | Projeto 2 | | | | | | | | | | | | | | | | TMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Adiamento | | | | | | | | | | | | | | 8,75% |
| | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | |
| | Total Custos | Soma Benefícios | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos |
| 0 | -R$ 4,05 | R$ 0,00 | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 1 | -R$ 3,93 | R$ 0,00 | -R$ 3,72 | R$ 0,00 | | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 2 | -R$ 6,25 | R$ 0,20 | -R$ 3,32 | R$ 0,17 | | -R$ 3,72 | R$ 0,17 | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 3 | R$ 0,00 | R$ 1,48 | -R$ 4,86 | R$ 1,15 | | -R$ 3,32 | R$ 1,15 | | -R$ 3,15 | R$ 1,15 | | - | - | | - | - | |
| 4 | R$ 0,00 | R$ 2,07 | R$ 0,00 | R$ 1,48 | | -R$ 4,86 | R$ 1,48 | | -R$ 2,81 | R$ 1,48 | | -R$ 2,89 | R$ 1,48 | | - | - | |
| 5 | R$ 0,00 | R$ 2,70 | R$ 0,00 | R$ 1,77 | | R$ 0,00 | R$ 1,77 | | -R$ 4,11 | R$ 1,77 | | -R$ 2,58 | R$ 1,77 | | -R$ 2,66 | R$ 1,77 | |
| 6 | R$ 0,00 | R$ 3,35 | R$ 0,00 | R$ 2,03 | | R$ 0,00 | R$ 2,03 | | R$ 0,00 | R$ 2,03 | | -R$ 3,78 | R$ 2,03 | | -R$ 2,37 | R$ 2,03 | |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 4,04 | R$ 0,00 | R$ 2,25 | | R$ 0,00 | R$ 2,25 | | R$ 0,00 | R$ 2,25 | | R$ 0,00 | R$ 2,25 | | -R$ 3,47 | R$ 2,25 | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 4,77 | R$ 0,00 | R$ 2,44 | | R$ 0,00 | R$ 2,44 | | R$ 0,00 | R$ 2,44 | | R$ 0,00 | R$ 2,44 | | R$ 0,00 | R$ 2,44 | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 5,47 | R$ 0,00 | R$ 2,57 | | R$ 0,00 | R$ 2,57 | | R$ 0,00 | R$ 2,57 | | R$ 0,00 | R$ 2,57 | | R$ 0,00 | R$ 2,57 | |
| VPL | -R$ 11,90 | R$ 12,74 | -R$ 11,90 | R$ 13,86 | R$ 1,12 | -R$ 11,90 | R$ 13,86 | R$ 1,11 | -R$ 10,06 | R$ 13,68 | -R$ 0,90 | -R$ 9,25 | R$ 12,53 | -R$ 2,86 | -R$ 8,51 | R$ 11,05 | -R$ 5,08 |

| Ano | Projeto 3 | | | | | | | | | | | | | | | | TMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Adiamento | | | | | | | | | | | | | | 8,75% |
| | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | |
| | Total Custos | Soma Benefícios | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos | Custos | Benefícios | Red Ben - Red. Custos |
| 0 | -R$ 2,55 | R$ 0,00 | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 1 | -R$ 2,55 | R$ 0,00 | -R$ 2,34 | R$ 0,00 | | - | - | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 2 | -R$ 2,32 | R$ 1,78 | -R$ 2,16 | R$ 1,50 | | -R$ 2,34 | R$ 1,50 | | - | - | | - | - | | - | - | |
| 3 | -R$ 4,05 | R$ 2,34 | -R$ 1,80 | R$ 1,82 | | -R$ 2,16 | R$ 1,82 | | -R$ 1,98 | R$ 1,82 | | - | - | | - | - | |
| 4 | -R$ 3,93 | R$ 3,00 | -R$ 2,89 | R$ 2,15 | | -R$ 1,80 | R$ 2,15 | | -R$ 1,82 | R$ 2,15 | | -R$ 1,82 | R$ 2,15 | | - | - | |
| 5 | -R$ 3,93 | R$ 3,77 | -R$ 2,58 | R$ 2,48 | | -R$ 2,89 | R$ 2,48 | | -R$ 1,53 | R$ 2,48 | | -R$ 1,68 | R$ 2,48 | | -R$ 1,68 | R$ 2,48 | |
| 6 | R$ 0,00 | R$ 4,57 | -R$ 2,37 | R$ 2,76 | | -R$ 2,58 | R$ 2,76 | | -R$ 2,45 | R$ 2,76 | | -R$ 1,40 | R$ 2,76 | | -R$ 1,54 | R$ 2,76 | |
| 7 | R$ 0,00 | R$ 3,89 | R$ 0,00 | R$ 2,16 | | -R$ 2,37 | R$ 2,16 | | -R$ 2,18 | R$ 2,16 | | -R$ 2,25 | R$ 2,16 | | -R$ 1,29 | R$ 2,16 | |
| 8 | R$ 0,00 | R$ 4,67 | R$ 0,00 | R$ 2,39 | | R$ 0,00 | R$ 2,39 | | -R$ 2,01 | R$ 2,39 | | -R$ 2,01 | R$ 2,39 | | -R$ 2,07 | R$ 2,39 | |
| 9 | R$ 0,00 | R$ 5,51 | R$ 0,00 | R$ 2,59 | | R$ 0,00 | R$ 2,59 | | R$ 0,00 | R$ 2,59 | | -R$ 1,85 | R$ 2,59 | | -R$ 1,85 | R$ 2,59 | |
| VPL | -R$ 14,15 | R$ 16,41 | -R$ 14,15 | R$ 17,84 | R$ 1,44 | -R$ 14,15 | R$ 17,84 | R$ 1,43 | -R$ 11,97 | R$ 16,34 | -R$ 2,25 | -R$ 11,00 | R$ 14,52 | -R$ 5,03 | -R$ 8,42 | R$ 12,37 | -R$ 9,76 |

ANEXO D – Cálculo e solução do modelo de hierarquização de projetos




| Trecho | Projeto | Variável | VPL | Coeficiente | VPL |
|---|---|---|---|---|---|
| Trecho 1 | P1 | x1 | $6,32 | 0 | $0,00 |
| | P2 | x2 | $2,38 | 0 | $0,00 |
| | P3 | x3 | $0,61 | 0 | $0,00 |
| Trecho 2 | P2 | x4 | $1,93 | 0 | $0,00 |
| | P3 | x5 | $0,61 | 0 | $0,00 |
| Trecho 3 | P1 | x6 | $7,35 | 0 | $0,00 |
| | P2 | x7 | $1,96 | 0 | $0,00 |
| | P3 | x8 | $1,96 | 0 | $0,00 |

| Função objetivo | |
|---|---|
| Maximizar o VPL | $0,00 |

| Restrições | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Descrição | Nome | Condição | | |
| Anos 1 e 2: Disp. R$ 3 mi | $0,00 | $0,00 | <= | 3 |
| Anos 3 a 5: Disp R$ 11 mi | Orçamento 2 | $0,00 | <= | 11 |
| Ano 6 a 10: Disp R$ 7 mi | Orçamento 3 | $0,00 | <= | 7 |
| T1=P1+P2+P3 | T1 | 1 | = | 1 |
| T2= P2+P3 | T2 | 0 | = | 1 |
| T3=P1+P2+P3 | T3 | 0 | = | 1 |
| T1+T2+T3 | Combinação | 0 | = | 0 |

Figura 14. Variáveis, função objetivo e restrições inseridas no Solver do Excel ® 2007

Tabela 30. Resultados da iteração: alternativas escolhidas pelo modelo

| Trecho | Projeto | Variável | VPL | Coeficiente | VPL |
|---|---|---|---|---|---|
| **Trecho 1** | P1 | x1 | $6,32 | 1 | $6,32 |
| | P2 | x2 | $2,38 | 0 | $0,00 |
| | P3 | x3 | $0,61 | 0 | $0,00 |
| **Trecho 2** | P2 | x4 | $1,93 | 1 | $1,93 |
| | P3 | x5 | $0,61 | 0 | $0,00 |
| **Trecho 3** | P1 | x6 | $7,35 | 1 | $7,35 |
| | P2 | x7 | $1,96 | 0 | $0,00 |
| | P3 | x8 | $1,96 | 0 | $0,00 |

Tabela 31. Resultados da iteração: maximização do VPL

| Função objetivo | |
|---|---|
| Maximizar o VPL | $15,61 |

Tabela 32. Resultado da iteração: o atendimento às restrições

| Restrições | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Descrição** | **Nome** | **Condição** | | |
| Anos 1 e 2: Disp. R$ 3 mi | Orçamento 1 | $2,34 | <= | 3 |
| Anos 3 a 5: Disp R$ 11 mi | Orçamento 2 | $10,74 | <= | 11 |
| Ano 6 a 10: Disp R$ 7 mi | Orçamento 3 | $6,80 | <= | 7 |
| T1=P1+P2+P3 | T1 | 1 | = | 1 |
| T2= P2+P3 | T2 | 1 | = | 1 |
| T3=P1+P2+P3 | T3 | 1 | = | 1 |
| T1+T2+T3 | Combinação | 3 | = | 3 |

Tabela 33. Fluxo de dispêndios após a escolha da combinação ótima

| Resultado do modelo quanto aos custos anuais | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Anos | | | | | | | | | |
| **Projeto** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
| **P1** | $0,00 | $0,00 | -$1,72 | -$2,98 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 |
| **P2** | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 |
| **P3** | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 |
| **P2** | $0,00 | $0,00 | -$0,70 | -$1,21 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 |
| **P3** | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 |
| **P1** | $0,00 | -$2,34 | -$4,12 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | -$6,80 | $0,00 | $0,00 |
| **P2** | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 |
| **P3** | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 |
| **Total Custos Anual** | $0,00 | -$2,34 | -$6,55 | -$4,19 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | -$6,80 | $0,00 | $0,00 |

ANEXO E - Análise de sensibilidade do modelo de hierarquização de alternativas: modificação do cronograma de dispêndios

Tabela 34. Modificação do cronograma de dispêndios

| Restrições | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Descrição** | **Nome** | **Condição** | | |
| Anos 1 e 2: Disp. R$ 3 mi | Orçamento 1 | $0,00 | <= | 3 |
| Anos 3 a 5: Disp R$ 7 mi | Orçamento 2 | $0,00 | <= | 7 |
| Ano 6 a 10: Disp R$ 11 mi | Orçamento 3 | $0,00 | <= | 11 |
| T1=P1+P2+P3 | T1 | 1 | = | 1 |
| T2= P2+P3 | T2 | 0 | = | 1 |
| T3=P1+P2+P3 | T3 | 0 | = | 1 |
| T1+T2+T3 | Combinação | 0 | = | 0 |

Tabela 35. Resultado após a modificação do cronograma de dispêndios quando à combinação das alternativas

| Trecho | Projeto | Variável | VPL | Coeficiente | VPL |
|---|---|---|---|---|---|
| **Trecho 1** | P1 | x1 | $6,32 | 0,0 | $0,00 |
| | P2 | x2 | $2,38 | 1,0 | $2,38 |
| | P3 | x3 | $0,61 | 0,0 | $0,00 |
| **Trecho 2** | P2 | x4 | $1,93 | 1,0 | $1,93 |
| | P3 | x5 | $0,61 | 0,0 | $0,00 |
| **Trecho 3** | P1 | x6 | $7,35 | 1,0 | $7,35 |
| | P2 | x7 | $1,96 | 0,0 | $0,00 |
| | P3 | x8 | $1,96 | 0,0 | $0,00 |

Tabela 36. Resultado da maximização do VPL após a modificação do cronograma de dispêndios

| Função objetivo | |
|---|---|
| Maximizar o VPL | $11,66 |

Tabela 37. Fluxo de dispêndios da combinação de alternativas escolhida após a modificação do cronograma de dispêndios

| Resultado do modelo quanto aos custos anuais | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Anos | | | | | | | | | |
| **Projeto** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
| **P1** | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 |
| **P2** | $0,00 | $0,00 | $0,00 | -$0,53 | -$1,77 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | -$1,04 | -$0,96 |
| **P3** | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 |
| **P2** | $0,00 | $0,00 | -$0,70 | -$1,21 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 |
| **P3** | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 |
| **P1** | $0,00 | -$2,34 | -$4,12 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | -$6,80 | $0,00 | $0,00 |
| **P2** | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 |
| **P3** | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 |
| **Total Custos Anual** | $0,00 | -$2,34 | -$4,82 | -$1,74 | -$1,77 | $0,00 | $0,00 | -$6,80 | -$1,04 | -$0,96 |

ANEXO F - Matrizes de dados auxiliares à especificação do modelo de combinação de projetos

Tabela 38. Fluxo anual dos custos de todas as alternativas analisadas

| | | | Anos | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Trecho** | **Projeto** | **Coluna do Fluxo de Caixa** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **VPL** |
| **T1** | **P1** | **Benefício - Custos** | $0,00 | $0,00 | -$0,84 | -$1,92 | $1,25 | $1,41 | $1,55 | $1,62 | $1,63 | $1,63 | $6,32 |
| | **P2** | **Benefício - Custos** | $0,00 | $0,00 | $0,00 | -$0,63 | -$1,59 | $0,41 | $0,65 | $1,77 | $0,82 | $0,94 | $2,38 |
| | **P3** | **Benefício - Custos** | $0,00 | -$0,63 | -$0,52 | -$2,29 | $0,18 | $0,43 | $0,64 | $0,81 | $0,93 | $1,04 | $0,61 |
| **T2** | **P2** | **Benefício - Custos** | $0,00 | $0,00 | -$0,30 | -$0,75 | $0,48 | $0,49 | $0,49 | $0,50 | $0,51 | $0,53 | $1,93 |
| | **P3** | **Benefício - Custos** | $0,00 | -$0,63 | -$0,52 | -$2,29 | $0,18 | $0,43 | $0,64 | $0,81 | $0,93 | $1,04 | $0,61 |
| **T3** | **P1** | **Benefício - Custos** | $0,00 | -$2,34 | -$2,61 | $1,82 | $2,15 | $2,43 | $2,62 | -$3,67 | $3,37 | $3,60 | $7,35 |
| | **P2** | **Benefício - Custos** | $0,00 | $0,00 | -$3,55 | -$2,17 | -$3,38 | $1,77 | $2,03 | $2,25 | $2,44 | $2,57 | $1,96 |
| | **P3** | **Benefício - Custos** | $0,00 | $0,00 | -$3,55 | -$2,17 | -$3,38 | $1,77 | $2,03 | $2,25 | $2,44 | $2,57 | $1,96 |
| **Totais** | | | $0,00 | -$3,59 | -$11,87 | -$10,41 | -$4,11 | $9,15 | $10,65 | $6,34 | $13,07 | $13,91 | $23,13 |

Tabela 39. Fluxo anual dos benefícios líquidos da sociedade de todas as alternativas analisadas

| | | | Anos | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Trecho** | **Projeto** | **Coluna do Fluxo de Caixa** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **VPL** |
| **T1** | **P1** | **Total Custos** | $0,00 | $0,00 | -$1,72 | -$2,98 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | -$4,70 |
| | **P2** | **Total Custos** | $0,00 | $0,00 | $0,00 | -$0,53 | -$1,77 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | -$1,04 | -$0,96 | -$4,30 |
| | **P3** | **Total Custos** | $0,00 | -$0,63 | -$0,57 | -$2,19 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | -$3,39 |
| **T2** | **P2** | **Total Custos** | $0,00 | $0,00 | -$0,70 | -$1,21 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | -$1,92 |
| | **P3** | **Total Custos** | $0,00 | -$0,63 | -$0,57 | -$2,19 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | -$3,39 |
| **T3** | **P1** | **Total Custos** | $0,00 | -$2,34 | -$4,12 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | -$6,80 | $0,00 | $0,00 | -$13,26 |
| | **P2** | **Total Custos** | $0,00 | $0,00 | -$3,72 | -$3,32 | -$4,86 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | $0,00 | -$11,90 |
| | **P3** | **Total Custos** | $0,00 | $0,00 | -$2,34 | -$2,16 | -$1,80 | -$2,89 | -$2,58 | -$2,37 | $0,00 | $0,00 | -$14,15 |
| **Totais** | | | $0,00 | -$3,60 | -$13,76 | -$14,58 | -$8,43 | -$2,89 | -$2,58 | -$9,17 | -$1,04 | -$0,96 | -$57,01 |